



Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu w miastach

Katalog techniczny

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM



Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu w miastach

Katalog techniczny

Ecologic Institute i Fundacja Sendzimira
2019

Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu – katalog techniczny

Autorzy

Ewa Iwaszuk, Galina Rudik, Laurens Duin, Linda Mederake,
McKenna Davis i Sandra Naumann (Ecologic Institute); Iwona Wagner (FPP Enviro)

Redakcja naukowa

Tomasz Bergier (AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie)
Agnieszka Kowalewska (Fundacja Sendzimira)

Tłumaczenie z języka angielskiego

Agata Golec

Korekta

Katarzyna Badowska

Projekt okładki, skład i opracowanie graficzne

Marcelina Michalczyk

© Copyright by Ecologic Institute & Fundacja Sendzimira

Berlin – Kraków 2019

ISBN 978-83-62168-10-1 (wersja drukowana)

ISBN 978-83-62168-11-8 (wersja online)

ISBN 978-83-62168-12-5 (wersja anglojęzyczna online)

Wydawca

Fundacja Sendzimira

www.sendzimir.org.pl

Wydrukowano na papierze z recyklingu

Publikacja wydana w ramach projektu „Climate NBS Polska: Rozwiązania oparte na przyrodzie służące adaptacji miast do zmian klimatu”, będącego częścią Europejskiej Inicjatywy Klimatycznej (EUKI). EUKI jest instrumentem finansowania projektów Ministerstwa Środowiska, Ochrony Przyrody i Bezpieczeństwa Atomowego Republiki Federalnej Niemiec (BMU). Konkurs grantowy EUKI jest realizowany przez Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Nadrzędnym celem EUKI jest wspieranie współpracy na rzecz klimatu w Unii Europejskiej (UE) w celu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Opinie przedstawione w niniejszej publikacji są wyłączną odpowiedzialnością autorów i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy Ministerstwa Środowiska, Ochrony Przyrody i Bezpieczeństwa Atomowego Republiki Federalnej Niemiec (BMU).

Supported by:



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety



European
Climate Initiative
EUKI

based on a decision of the German Bundestag

Spis treści

Wstęp | 5

1. Elementy błękitno-zielonej infrastruktury | 7

- 1.1. Stawy retencyjne | 8
- 1.2. Niecki bioretencyjne | 12
- 1.3. Rowy bioretencyjne | 16
- 1.4. Rowy infiltracyjne | 20
- 1.5. Ogrody deszczowe w pojemnikach | 24
- 1.6. Zielone przystanki | 28
- 1.7. Zielone dachy | 32
- 1.8. Zielone fasady i ściany | 36
- 1.9. Nawierzchnie przepuszczalne | 40
- 1.10. Podłoża strukturalne | 44

2. Studia przypadków zastosowania błękitno-zielonej infrastruktury 10 dobrych przykładów z Niemiec | 49

- 2.1. Sztuczne mokradła miejskie, park Duisburg-Nord | 50
- 2.2. Błękitno-zielone żywe ulice, dzielnica Vauban we Fryburgu | 54
- 2.3. Deszczowy plac zabaw Biberland w Hamburgu | 60
- 2.4. Rewitalizacja miejskich pierścieni zieleni Luttergrünzug w Bielefeld | 64
- 2.5. Zielony dach, autostrada A7 w Hamburgu | 70
- 2.6. Ekodzielnica Jenfelder Au w Hamburgu | 74
- 2.7. Plac zalewowy Zollhallen Plaza we Fryburgu | 80
- 2.8. Sieć zielonych korytarzy przewietrzających w Stuttgarcie | 84
- 2.9. System zrównoważonego gospodarowania wodą deszczową,
Potsdamer Platz w Berlinie | 88
- 2.10. Renaturyzacja rzeki Luppe w Lipsku | 92

O projekcie „Climate NBS Polska” | 99

Źródła fotografii | 100

Wstęp

Intensywny rozwój wielu polskich miast wywiera coraz silniejszy wpływ na środowisko nieurbanizowane. Jednocześnie miasta i ich mieszkańcy stają przed rosnącą skalą wyzwań, takich jak zanieczyszczenie powietrza, występowanie miejskiej wyspy ciepła, nadmiar lub niedobór wody, utrata naturalnych siedlisk czy rozwarstwienie społeczne. Wykorzystanie rozwiązań opartych na przyrodzie jest efektywnym środkiem radzenia sobie z wieloma z tych problemów jednocześnie. Wprowadzając elementy błękitno-zielonej infrastruktury, takie jak zielone dachy i fasady czy systemy zrównoważonej gospodarki wodą deszczową, miasta mogą przyczyniać się do ograniczenia skutków zmian klimatu oraz redukcji emisji gazów cieplarnianych, osiągając jednocześnie liczne korzyści społeczne, ekonomiczne i środowiskowe.

Pomimo znaczącego potencjału, błękitno-zielona infrastruktura jest wciąż niedostatecznie zbadana w polskich warunkach i, co za tym idzie, pozostaje w niewielkim stopniu wykorzystana jako środek przeciwdziałania skutkom zmian klimatu i adaptacji naszych miast. Częste bariery utrudniające upowszechnienie rozwiązań opartych na przyrodzie to brak doświadczenia praktycznego i wiedzy technicznej w zakresie ich planowania i realizacji, a także niedobór dedykowanych instrumentów służących szerokiemu wdrażaniu w politykach sektorowych. Niniejszy poradnik odpowiada na te braki, omawiając szeroki wachlarz rozwiązań projektowych z zakresu błękitno-zielonej infrastruktury, dobranych pod kątem przydatności do zastosowania w polskich miastach. Publikacja jest skierowana do planistów i projektantów, w tym architektów krajobrazu, chcących stosować rozwiązania oparte na przyrodzie w miastach różnej wielkości – zamiast lub jako uzupełnienie tradycyjnej infrastruktury. Informacje dotyczące efektywności ekonomicznej i potencjału mitygacji zmian klimatu prezentowanych rozwiązań są przedstawione wraz z praktycznymi wskazówkami dotyczącymi realizacji, na podstawie których rozwiązania te wdrożono w Niemczech. Poradnik podzielono na dwie części, w pierwszej opisano wybrane urządzenia zielonej infrastruktury, druga zawiera 10 studiów przypadku innowacyjnych kompletnych rozwiązań tego typu zastosowanych w niemieckich miastach.

Poradnik powstał w ramach projektu Climate NBS Poland, wspieranego przez Europejską Inicjatywę Klimatyczną (EUKI) Ministerstwa Środowiska Republiki Federalnej Niemiec. Komplementarny element stanowi przewodnik dotyczący strategii stosowania błękitno-zielonej infrastruktury w polskich miastach, odpowiadający na niedobór dedykowanych instrumentów, służących upowszechnieniu wdrażaniu w politykach sektorowych i ogólnomiejskich.



1. Elementy błękitno-zielonej infrastruktury

Błękitno-zielona infrastruktura to rozwiązania oparte na przyrodzie (NBS, od ang. *nature-based solutions*). Sprawdzają się one w warunkach miejskich, gdzie z powodzeniem mogą uzupełniać lub zastępować tradycyjne „szare” rozwiązania, równocześnie regulując temperaturę powietrza oraz magazynując i oczyszczając wodę deszczową. Elementy błękitno-zielonej infrastruktury można wkomponować w istniejący krajobraz miejski, na przykład w ramach infrastruktury drogowej.

W przeciwieństwie do swoich tradycyjnych odpowiedników, elementy błękitno-zielonej infrastruktury często pełnią wiele funkcji jednocześnie. Jest to szczególnie istotne w kontekście łagodzenia i adaptacji do zmian klimatu w miastach. Dla przykładu, błękitno-zielona infrastruktura, której głównym zadaniem jest zatrzymanie wody deszczowej w miejscu opadu, może równocześnie pochłaniać dwutlenek węgla, zmniejszać zanieczyszczenie powietrza lub łagodzić efekt miejskiej wyspy ciepła.

W pierwszej części niniejszego poradnika przedstawiamy 10 wielofunkcyjnych elementów błękitno-zielonej infrastruktury, które można zastosować na terenach zurbanizowanych – niezależnie lub w powiązaniu ze sobą. Opisane rozwiązania wybrano w oparciu o ich potencjał niwelowania problemów najczęściej występujących w polskich miastach. Uwzględniono także ich zdolność zapobiegania zmianom klimatycznym i ich łagodzenia. Każdy rozdział zawiera charakterystykę techniczną wybranego rozwiązania, ze schematem ilustrującym zasadę jego konstrukcji i działania. Omówiono również wymagania dotyczące pielęgnacji i utrzymania każdego z rozwiązań, gwarantujące jego trwałość i efektywne pełnienie funkcji w długim okresie czasu. Zaprezentowano także potencjalne problemy i ograniczenia oraz możliwości ich rozwiązania. W formie tabelarycznej zawarto poza tym informacje o wyzwaniach, jakim dane rozwiązanie pomaga sprostać, obszarach zastosowania oraz korzyściach, jakie przynosi. Podano również orientacyjne koszty budowy danego rozwiązania oraz roczne koszty jego utrzymania. Należy pamiętać, że są to koszty jedynie szacunkowe, nie uwzględniające inflacji oraz specyfiki polskiego rynku. W tabeli znajdują się ponadto informacje o możliwościach łączenia danego rozwiązania z innymi elementami błękitno-zielonej infrastruktury, a także odniesienia do studiów przypadków z drugiej części poradnika, w których dane rozwiązanie zastosowano.



fot. Agnieszka Kowalewska
 fot. Ewa Iwaszuk

Rysunek 1. Miejski staw retencyjny na Potsdamer Platz w Berlinie, Niemcy (na górze) oraz Staw Służewiecki w Warszawie, Polska (na dole)

1.1. Stawy retencyjne

Stawy retencyjne (ang. *water retention ponds*; rysunek 1) to stawy lub niecki posiadające dodatkową pojemność retencyjną, służącą do zatrzymywania i oczyszczania wody opadowej. Składają się z czasz stale wypełnionych wodą oraz obsadzonych roślinnością brzegów, które mogą być czasowo zalewane. Można je tworzyć w istniejących lub wykonanych w tym celu zagłębieniach terenu. Wykorzystanie istniejących zbiorników nie jest zalecane ze względu na ryzyko dopływu zanieczyszczonych wód, mogących niszczyć naturalny ekosystem. W przypadku przepełnienia zbiornik jest opróżniany do kanalizacji lub innych odbiorników. Istotne korzyści z budowy stawów retencyjnych to: możliwość

gromadzenia wody do wykorzystania w okresach suszy, zapewnienie siedlisk dla roślin i zwierząt dziko żyjących na obszarach zurbanizowanych oraz wzbogacanie funkcjonalne i kompozycyjne publicznych terenów zieleni. Dodatkową korzyścią jest zdolność do oczyszczania wód z zanieczyszczeń pochodzących ze spływu powierzchniowego poprzez sedymentację oraz fitoremediację. Stawy te różnią się od zbiorników detencyjnych tym, że są stale wypełnione wodą. Zaleca się wykorzystanie do obsadzeń roślinności rodzimej, dostosowanej do mokrego siedliska. W Europie Środkowej będą to takie gatunki jak np. turzyce, kosańce, krwawnice, sity i oczerety.

Podstawowe informacje

Wymagania przestrzenne

Minimalny obszar odwadniany: 3–10 ha (Aver, 2012); wielkość stawu (przy przeciętnej głębokości 1 m): 3–7% obszaru zlewni (NWRM, 2013)

Miejsca zastosowania

Przestrzeń publiczna – parki, place miejskie

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	✓
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Możliwe rozwiązania towarzyszące

Tereny zieleni, nasadzenia niskiej roślinności i pojedyncze drzewa gatunków rodzimych oraz inne elementy bioretenencji

Koszty

Koszt realizacji: 10–60 EUR/m³ pojemności retencyjnej; koszt utrzymania: 1–5 EUR/m²/rok powierzchni zbiornika (NWRM, 2013)

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	✓
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Susza	✓
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	✓
Zachowanie ciągłości ekologicznej	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	✓
Wysokie zużycie energii	

Studia przypadków

- 2.1. Park Duisburg-Nord
- 2.6. Ekodzielnica Jenfelder Au
- 2.9. Potsdamer Platz w Berlinie

Szczegóły techniczne

Staw retencyjny składa się z następujących elementów (rysunek 2):

- część sedymentacyjna w postaci mniejszego zbiornika lub zespołu zbiorników zlokalizowanych przy wlocie, służących wstępnemu oczyszczaniu wód;
- zbiornik stały, wypełniony wodą przez cały rok i przeznaczony do gromadzenia oraz dalszego oczyszczania wód;
- dodatkowa pojemność retencyjna, umożliwiająca ochronę przed powodzią w przypadku czasowego przekroczenia stałej pojemności zbiornika;
- przelew burzowy do zewnętrznego odbiornika, niezbędny w sytuacjach awaryjnych;
- urozmaicona linia brzegowa, umożliwiająca rozwój roślinności szuwarowej, częściowo zanurzonej w wodzie i pływającej.

Pełnienie poszczególnych funkcji (hydraulicznych, filtracyjnych, użytkowych i ekologicznych) przez projektowany zbiornik należy rozważyć w kontekście lokalizacji i głównego celu, jakiego ma on służyć (Woods-Ballard i in., 2015). W odniesieniu do

funkcji hydraulicznej staw może być projektowany dla przejścia wody 10-, 30- lub 100/200-letniej. Należy też przewidzieć rezerwę pojemności związaną z postępującymi zmianami klimatu i urbanizacją zlewni. W odniesieniu do potencjału oczyszczania wody należy przede wszystkim usunąć zanieczyszczenia u źródła, np. przez inne rozwiązania oparte na przyrodzie. Pozostałości zanieczyszczeń mogą być usuwane w zbiorniku sedymentacyjnym, przed przelewem do głównego zbiornika. Pojemność głównej czaszy zbiornika powinna pomieścić dwukrotność średniej rocznej sumy opadów, co zapewni maksymalną zdolność oczyszczającą tego elementu (Woods-Ballard i in., 2015). Aby zwiększyć walory użytkowe stawu, szczególnie w obszarach zurbanizowanych, warto zaprojektować go w sposób umożliwiający jego wykorzystanie rekreacyjne przez różne grupy wiekowe użytkowników, a także dać możliwość prowadzenia edukacji ekologicznej. Lokalizacja zbiornika powinna przyczyniać się do poprawy ciągłości terenów funkcjonujących przyrodniczo, tym samym sprzyjać ekologicznej roli tego elementu, znacznie podnoszącego bioróżnorodność w środowisku miejskim.



Rysunek 2. Schemat typowego stawu retencyjnego, widok z góry i przekrój (na podst. Woods-Ballard i in., 2015)

Utrzymanie i pielęgnacja

Konieczne jest comiesięczne usuwanie śmieci unoszących się na wodzie i leżących na brzegach, nagromadzonych liści i niepożądanego roślinności. Szczególnie ważne jest czyszczenie przelewów burzowych. Koszenie brzegów może być potrzebne w zależności od tego, co przewidziano w projekcie. Należy przeprowadzać coroczne kontrole oraz ewentualne naprawy uszkodzonych elementów,

takich jak rury wylotowe, a także wzmacniać zero-dowane brzegi itp. Zastosowanie gatunków rodzimych dobrze przystosowanych do wysokiej wilgotności środowiska pomoże zredukować nakłady na utrzymanie, również dzięki ochronie brzegów przed erozją i zapobieganiu dopływowi zanieczyszczeń z brzegów wprost do zbiornika, a także zwiększy wartość estetyczną (GSWCD, 2019).

Potencjalne problemy	Rozwiązania
Utrzymanie dobrej jakości wody (glony, opadające liście, gatunki inwazyjne itp. zagrożenia)	Większe zbiorniki mają większą zdolność do samooczyszczania; pomocne jest też obsadzenie brzegów roślinnością szuwarową oraz wyposażenie stawu w urządzenia zapewniające stały przepływ wody i jej napowietrzanie (np. fontanna pływająca) Sposób ukształtowania zbiornika powinien dopuszczać zmiany poziomu wody; jednak głębszy staw będzie utrzymywał stosunkowo niską temperaturę wody latem, co pomoże ograniczyć ryzyko zakwitów glonów (zalecana stała głębokość > 1 m)
Bezpieczeństwo użytkowników	Zastosowanie lekkiego ogrodzenia lub wystarczająco gęste obsadzenie roślinnością, a także stopniowe zwiększanie głębokości w miarę oddalania się od brzegu

Literatura

- Aver, L. M., 2012. *Rural Sustainable Drainage Systems*. Environment Agency, Bristol.
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291508/schoo612buwh-e-e.pdf
- GSWCD, 2019. *Homeowners guide on care and maintenance of stormwater ponds*. Geauga Soil and Water Conservation District, Burton.
http://www.geaugaswcd.com/yahoo_site_admin/assets/docs/Homeowner_pondsCMYK.140122913.pdf
- NWRM, 2013. *Individual NWRM: Retention ponds*. Natural Water Retention Measures, European Commission.
http://nwrn.eu/sites/default/files/nwrn_ressources/u11_-_retention_ponds.pdf
- Woods-Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., Kellagher, R., 2015. *The SuDS Manual*. CIRIA, Londyn.
https://www.ciria.org/Memberships/The_SuDs_Manual_C753_Chapters.aspx

fot. Mississippi Watershed Management Organisation



fot. Fundacja Sendzimir

Rysunek 3. Niecka bioretencyjna, Labelle Park, Columbia Heights, Minnesota, Stany Zjednoczone (po lewej); niecka w formie ronda filtrującego, Marki k. Warszawy, Polska (po prawej)

1.2. Niecki bioretencyjne

Niecki bioretencyjne (ang. *bioretention basins*; rysunek 3) to obszary gęsto porośnięte roślinnością, gdzie zbiera się woda opadowa, która oczyszcza się, przesiąkając przez kolejne warstwy podłoża (Aecon i in., 2011). Następnie woda wsiąka w grunt bądź jest odprowadzana do kanalizacji deszczowej lub innych odbiorników (LSS, 2019). Niecki retencyjne często tworzy się w przestrzeni publicznej, zwłaszcza w miejscach, gdzie powierzchnia jest mocno uszczelniona, spływ powierzchniowy jest

zanieczyszczony, brakuje innych możliwości zagospodarowania wody deszczowej (LSS, 2019). Niecka retencyjna jest okresowo mokra lub sucha, w zależności od natężenia spływu powierzchniowego. Korzyści z zastosowania tego rozwiązania obejmują m.in. ograniczenie spływu powierzchniowego ze zlewni, oczyszczanie wody opadowej, a także swobodę projektowania i stosunkowo niewielkie wymagania pielęgnacyjne przy wysokich walorach estetycznych.

Podstawowe informacje

Wymagania przestrzenne

Powierzchnia: co najmniej 5% powierzchni zlewni; maksymalna powierzchnia nie powinna przekraczać 2 hektarów, optymalnie do 1 ha (LSS, 2019; Shafique, 2016)

Miejsca zastosowania

Tereny silnie zurbanizowane (np. osiedla mieszkaniowe i parkingi), powierzchnie mocno uszczelnione

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja

Pochłanianie CO₂

✓

Produkcja energii odnawialnej

Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych

✓

Promowanie rozwiązań zrównoważonych

✓

Możliwe rozwiązania towarzyszące

Inne NBS, w tym rowy bioretencyjne, ogrody deszczowe i zielone rowy

Koszty

Koszty realizacji: 25–135 EUR/m²; w przypadku rozległych powierzchni koszty rosną znacząco (LSS, 2019)

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza

✓

Efekt miejskiej wyspy ciepła

✓

Susza

✓

Nadmierny spływ powierzchniowy

✓

Zagrożenie podtopieniami

✓

Zachowanie ciągłości ekologicznej

✓

Poprawa jakości środowiska miejskiego

✓

Wysokie zużycie energii

Szczegóły techniczne

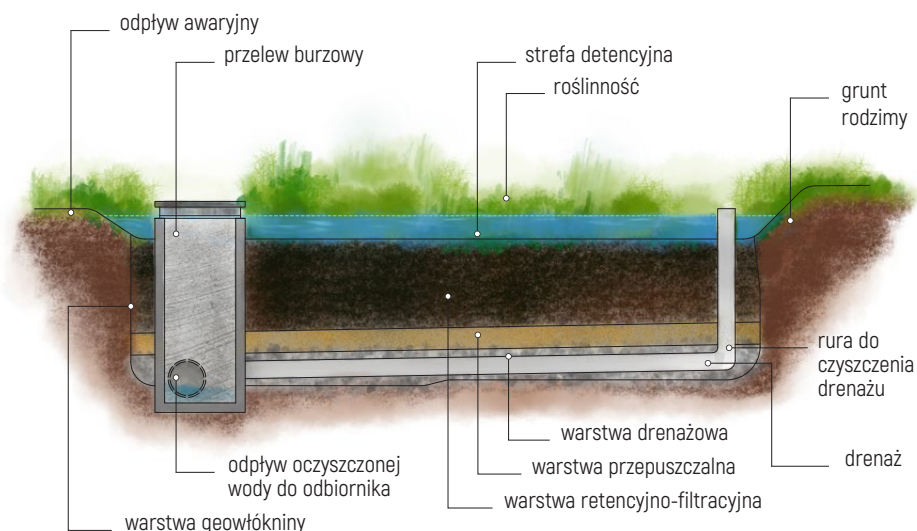
Niecka retencyjna (rysunek 4) składa się z następujących elementów (LSS, 2019; NRM, 2012):

- trawiasta strefa buforowa, stanowiąca otoczenie niecki, której rolą jest zmniejszenie prędkości spływu powierzchniowego i usunięcie większych zanieczyszczeń;
- strefa detencyjna o miąższości 20–40 cm, gdzie gromadzi się nadmiar wody opadowej, co pozwala na jej odparowywanie i sedymentację cząstek stałych;
- opcjonalna warstwa materii organicznej (mulczu) o miąższości 5–10 cm, która sprzyja mikrobiologicznemu rozkładowi zanieczyszczeń ropopochodnych (w tej roli najlepiej użyć zrębków drzewnych lub wiórów); pomaga także filtrować zanieczyszczenia i zapobiega erozji gleby;
- zasadnicza warstwa retencyjno-filtracyjna o miąższości co najmniej 40 cm, obsadzona roślinnością (gatunki rodzime przystosowane do warunków glebowych, tolerujące okresowe

zalewanie, ale i odporne na suszę). Wypełnienie mineralne tej warstwy powinno zapewniać przepływ wody i równocześnie zatrzymać jej część w celu nawodnienia roślinności. Zazwyczaj najlepiej sprawdza się podłoże piaszczysto-gliniaste, ale rodzaj gleby można zawsze dopasować do potrzeb roślinności;

- warstwa przepuszczalna o miąższości 10 cm płukanego piasku (zawartość ilu poniżej 2%);
- warstwa drenażowa o miąższości ok. 15 cm żwiru frakcji 5–7 mm, z zainstalowaną rurą drenarską.

Wielkość niecki retencyjnej można skalować odpowiednio do potrzeb, jednak jej projekt musi uwzględniać zarówno okresy suche jak i deszczowe. W tym celu można zastosować kilka dodatkowych elementów, takich jak zbiornik wstępny, dodatkowa warstwa porowata pod warstwą filtracyjną, która będzie magazynowała wodę i zapewni wilgotność podłoża nawet w okresach suchych, oraz dodatkowy system nawadniania roślinności



Rysunek 4. Przekrój przykładowej niecki bioretencyjnej (na podst. Leinster i in., 2010)

(Aecon i in., 2011). Najważniejsze kwestie, które należy wziąć pod uwagę, projektując nieckę bioretencyjną, to wstępne oczyszczenie wody przed

dopływem do niecki, odpowiedni obszar infiltracji, odpływ nadmiaru wody, utrzymanie i pielęgnacja roślin oraz kwestie estetyczne (LSS, 2019).

Utrzymanie i pielęgnacja

Konserwację należy przeprowadzać regularnie, upewniając się, że spływająca woda podlega wystarczającemu podczyszczaniu, aby uniknąć zatkania niecki. Po ukończeniu budowy niecki bioretencyjnej roślinność należy podlewać codziennie przez co najmniej dwa tygodnie. Pozostałe zabiegi pielęgnacyjne, prowadzone w miarę potrzeby, obejmują ponowne mulczowanie (ściółkowanie) ubytków,

koszenie, pielęgnację roślin, podlewanie podczas przewlekłych susz i wymianę 2,5–5 cm warstwy materii organicznej w przypadku, gdy woda utrzymuje się w niecce dłużej niż 48 godzin (LSS, 2019). Raz w miesiącu należy dokonać przeglądu technicznego niecki, usunąć śmieci i fragmenty roślin oraz uzupełnić ubytki spowodowane erozją.

Potencjalne problemy	Rozwiązania
Zastosowanie ograniczone do niewielkich obszarów infiltracji	Włączenie niecki bioretencyjnej w szerszy system gospodarowania wodą deszczową
Wymagania przestrzenne	Niecki bioretencyjne można projektować na małą skalę, a ich dodatkową zaletą jest funkcja estetyczna

Literatura

- Aecon, McGarry, K., Eadie, M., 2011. *Water Sensitive Urban Design for the Coastal Dry Tropics* (Townsville): *Design Objectives for Stormwater Management*. Townsville City Council.
https://www.townsville.qld.gov.au/__data/assets/pdf_file/0007/12220/Design_Objectives_For_Stormwater_Management.pdf
- Leinster, S., Allison, R., McCann D., 2010. *Construction and Establishment Guidelines: Swales, Bioretention Systems and Wetlands: Version 1.1*. Healthy Waterways Partnership, South East Queensland.
<https://hlw.org.au/download/water-by-design-construction-and-establishment-guidelines-swales-bioretention-systems-and-wetlands/>
- LSS, 2019. *Bioretention Basins*. Lake Superior Streams, Duluth.
<http://www.lakesuperiorstreams.org/stormwater/toolkit/bioretention.html>
- NRM, 2012. *Water Sensitive Urban Design. Engineering procedures for stormwater management in Tasmania*. NRM North, Tasmania.
<https://www.nrmnorth.org.au/client-assets/content/teer/programs/ntsp/docs/WSUD%20Engineering%20Procedures.pdf>
- Shafique, M., 2016. *A review of the bioretention system for sustainable storm water management in urban areas*. Materials and Geoenvironment, 63 (4), 227–236.
<https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/rmzmag.2016.63.issue-4/rmzmag-2016-0020/rmzmag-2016-0020.pdf>



fot. Aaron Volkening

fot. Agnieszka Kowalewska

Rysunek 5. Rów bioretencyjny: Greendale, Wisconsin, Stany Zjednoczone (po lewej); Wilanów, Warszawa, Polska (po prawej)

1.3. Rowy bioretencyjne

Rowy bioretencyjne (ang. *bioswales*; rysunek 5) są płytkimi, porośniętymi roślinnością zagłębieniami do odprowadzania wód opadowych o wielowarstwowej strukturze dna. Zbierają one wody opadowe, filtrują je i stopniowo infiltrują do gruntu, dzięki czemu spowalniają spływ powierzchniowy. Rowy mają formę liniową i przekrój paraboliczny, trapezoidalny lub V-kształtny (NRC, 2019). Zastępują typowe formy odwodnienia, jak np. betonowe korytka ściekowe na parkingach, wzdłuż ciągów

pieszych i rowerowych, na terenach o spadku nieprzekraczającym 5%. Redukcja kosztów oczyszczania wód deszczowych i poprawa warunków środowiskowych dla rekreacji generują dodatkowe korzyści ekonomiczne, społeczne i zdrowotne. Do nasadzeń należy wykorzystywać rodzime gatunki traw i roślin dwuliściennych, dostosowane do zmiennych poziomów wody i występujące naturalnie na brzegach rzek.

Podstawowe informacje

Wymagania przestrzenne

Powierzchnia: minimum 1% powierzchni zlewni (Morello i in., 2019); poziom wody gruntowej – poniżej 1,5 m; nachylenie skarp – do 1:3, aby umożliwić koszenie (Groenblauw, 2019)

Miejsca zastosowania

Parkingi, drogi, ciągi piesze i rowerowe, przestrzeń publiczną

Koszty

Koszty realizacji: zróżnicowane, w zależności od projektu lub rozmiaru rowu, miejsca zastosowania i warunków gruntowo-wodnych; dla parkingów i poboczy dróg wynoszą od 50 do 230 EUR/m² (CNT, 2013)

Koszty utrzymania: zależne głównie od częstotliwości koszenia koniecznej do prawidłowego utrzymania rowów (zależy od projektu); dla parkingów i poboczy dróg wynoszą od 0,58 do 2 EUR/m²/rok (CNT, 2013)

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja

Pochłanianie CO₂

✓

Produkcja energii odnawialnej

Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych

✓

Promowanie rozwiązań zrównoważonych

✓

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza

✓

Efekt miejskiej wyspy ciepła

✓

Susza

✓

Nadmierny spływ powierzchniowy

✓

Zagrożenie podtopieniami

✓

Zachowanie ciągłości ekologicznej

✓

Jakość środowiska miejskiego

✓

Wysokie zużycie energii

Możliwe rozwiązania towarzyszące

Stawy retencyjne, zielone rowy, nawierzchnie przepuszczalne, nasadzenia niskiej roślinności i pojedyncze drzewa gatunków rodzimych

Studia przypadków

2.6. Ekodzielnica Jenfelder Au w Hamburgu

Szczegóły techniczne

Rów bioretencyjny składa się z następujących elementów (rysunek 6):

- górna warstwa gleby strukturalnej, zawierająca mniej niż 5% części gliniastych, zwykle jest to mieszanina piasku z kompostem w stosunku 60:40, co pozwala uzyskać 5% udział wagowy materii organicznej w podłożu, niezbędny dla prawidłowego wzrostu i rozwoju roślinności (SSSA, 2019);
- warstwa drenażowa, złożona z gruboziarnistego żwiru lub keramzytu w geowłókninie,

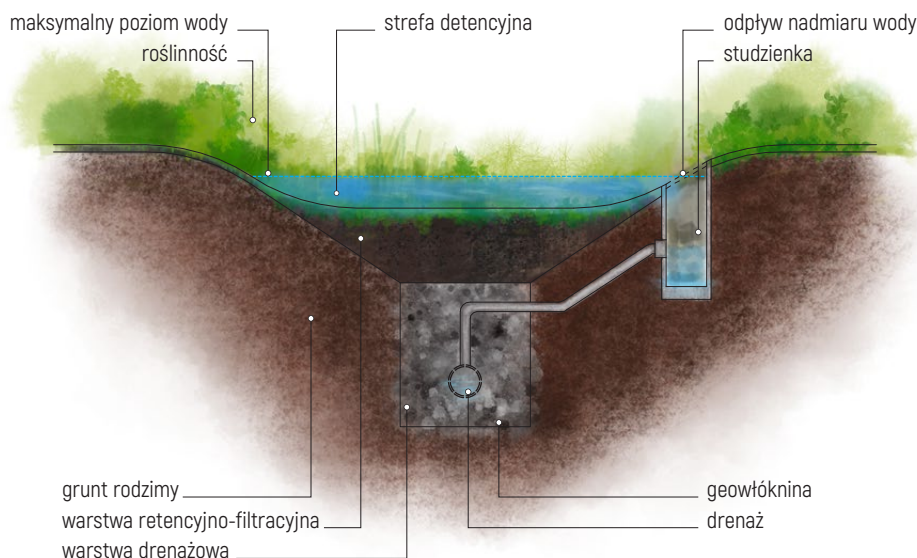
co umożliwi przesiąkanie wody (Groenblauw, 2019);

- obie górne warstwy powinny mieć łączną grubość od 30 do 70 cm;
- rura perforowana połączona z przelewami burzowymi, niezbędnymi do odprowadzenia nadmiaru wody w przypadku opadów nawałnych (Groenblauw, 2019);
- rów bioretencyjny z reguły ma szerokość od 1,5 do 5 m.

Utrzymanie i pielęgnacja

W przypadku obsiewu mieszkankami trawnikowymi konieczne jest koszenie minimum co 2 tygodnie; w przypadku bardziej naturalnych rozwiązań niezbędne jest monitorowanie pod kątem gromadzenia się śmieci (Groenblauw, 2019). Rowy powinny

być utrzymywane tak samo, jak inne tereny zieleni, co obejmuje odchwaszczanie, usuwanie martwych resztek roślin i nadmiaru powstającej ściółki oraz naprawę zniszczonych elementów i wymianę żwiru. Zarastanie i zamulanie redukuje bowiem



Rysunek 6. Schemat przekroju przez rów bioretencyjny (na podst. Groenblauw, 2019)

możliwość przechwytywania wód deszczowych przez rowy. W przypadku utraty roślin, np. wskutek wkraczania gatunków inwazyjnych lub chorób, konieczne jest uzupełnienie nasadzeń. Niezbędny

jest również monitoring pod kątem erozji (Morton, 2017). Starsze rowy (10 do 15 lat) mogą wymagać pogłębienia koparką lub odnowienia nasadzeń (Morton, 2017).

Potencjalne problemy	Rozwiązania
Spadek efektywności działania w czasie	Budowa rowów na terenach o łagodnych spadkach, nie przekraczających 5%, w celu redukcji ryzyka erozji (lub montaż mat przeciwerozrywnych) (Feit, 2018) Stosowanie do nasadzeń gatunków rodzimych właściwych dla siedliska; unikanie takich gatunków roślin, które wymagają dużych nakładów na utrzymanie, m.in. nawożenia (Morton, 2017)

Literatura

- CNT, 2013. *Green values: National stormwater management calculator*. Center for Neighborhood Technology, Chicago. https://greenvalues.cnt.org/national/cost_detail.php
- Feit, J., 2018. 4 Key Benefits of Bioswales for Stormwater Management. Buildings, Cedar Rapids. <https://www.buildings.com/news/industry-news/articleid/21512/title/bioswales-4-key-benefits-stormwater-management>
- Groenblauw, 2019. *Bioswales*. Atelier Groenblauw, Urban Green-Blue Grids for sustainable and resilient city, Delft. <https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/bioswales/>
- Morello, E., Mahmoud, I., Colaninno, N. (red.), 2019. *Catalogue of Nature-based solutions for urban regeneration*. Energy & Urban Planning Workshop, School of Architecture Urban Planning Construction Engineering, Politecnico di Milano. <http://www.labsimurb.polimi.it/nbs-catalogue/>
- Morton, J., 2017. *How Bioswales Provide Aesthetic Stormwater Management*. Buildings, Cedar Rapids. <https://www.buildings.com/article-details/articleid/21095/title/how-bioswales-provide-aesthetic-stormwater-management>
- NRC, 2019. *Bioswales*. Naturally Resilient Communities. <http://nrcsolutions.org/bioswales/>
- SSSA, 2019. *What's the Right Mix?* Soil Science Society of America, Madison. <https://www.soils.org/discover-soils/soils-in-the-city/green-infrastructure/building-green-infrastructure/the-right-mix>

fot. Montgomery County Planning Commission



fot. Agnieszka Kowalewska

Rysunek 7. Rów infiltracyjny: East Norriton, Stany Zjednoczone (po lewej),
 Podkowa Leśna k. Warszawy, Polska (po prawej)

1.4. Rowy infiltracyjne

Rowy infiltracyjne (ang. *infiltration trenches*; rysunek 7) to płytkie wykopy wypełnione tłuczniem lub kamieniami, które zwiększają naturalną zdolność gleby do pochłaniania wody (NWRM, 2019). Usuwają zanieczyszczenia i osady ze spływu powierzchniowego dzięki procesowi filtracji, adsorpcji na kruszywie wypełniającym wykop i aktywności mikroorganizmów żyjących w wypełnieniu lub

w glebie. Rowy infiltracyjne można łatwo włączyć w istniejącą infrastrukturę, a najbardziej skuteczne są w połączeniu z innymi rozwiązaniami do odprowadzania i/lub oczyszczania wody (NWRM, 2019). Rowy infiltracyjne pomagają podnieść poziom wód gruntowych i zwiększyć ich przepływ, a także spowolnić spływ powierzchniowy i zmniejszyć ryzyko podtopień.

Podstawowe informacje

Wymagania przestrzenne

Powierzchnia rowu powinna zapewnić infiltrację wody ze spływu powierzchniowego ze zlewni (dla średniego deszczu) w ciągu 24 godzin (Dublin, 2019); powierzchnia maksymalna zlewni: 5 hektarów (Dublin, 2019)

Miejsca zastosowania

W pobliżu boisk, terenów rekreacyjnych lub otwartej przestrzeni publicznej

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja

Pochłanianie CO₂

Produkcja energii odnawialnej

Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych ✓

Promowanie rozwiązań zrównoważonych ✓

Możliwe rozwiązania towarzyszące

Tereny zieleni, rowy bioretencyjne, niecki retencyjne i nawierzchnie przepuszczalne

Koszty

Koszty realizacji: różne, w zależności od głębokości, geometrii i charakterystyki geologicznej rowu infiltracyjnego; szacunkowo 70–90 EUR/m³ zagospodarowanej wody ze spływu; koszty utrzymania: 0,25–4 EUR/m²/rok powierzchni rowu (NWRM, 2019)

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza ✓

Efekt miejskiej wyspy ciepła

Susza ✓

Nadmierny spływ powierzchniowy ✓

Zagrożenie podtopieniami ✓

Zachowanie ciągłości ekologicznej

Poprawa jakości środowiska miejskiego ✓

Wysokie zużycie energii

Studia przypadków

2.6. Ekodzielnica Jenfelder Au w Hamburgu

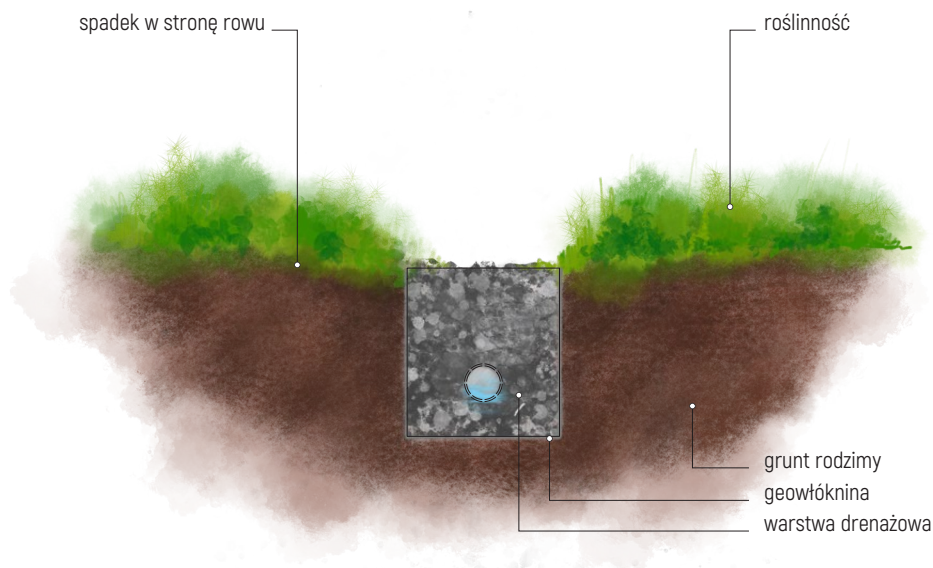
Szczegóły techniczne

Rów infiltracyjny składa się z następujących elementów (rysunek 8):

- warstwa wierzchnia o grubości co najmniej 15 cm, pokryta roślinnością lub żwirem (Pennsylvania, 2006);
- warstwa grubego kruszywa zabezpieczona geowłókniną (po bokach i na spodzie), której wskaźnik porowatości powinien wynosić co najmniej 40% (NWRM, 2013);
- rura drenarska umieszczona pod warstwą kruszywa, ułożona z minimalnym spadkiem (Pennsylvania, 2006);
- filtr piaskowy lub jego odpowiednik z włókniny na samym dnie rowu (Minnesota, 2015).

Rowy infiltracyjne należy budować na glebach przepuszczalnych o niskiej zawartości gliny i części spławialnych (Dublin, 2019). Mogą być one pokryte roślinnością, kamieniami lub żwirem i nie wymagają zagospodarowania dużej powierzchni, pod warunkiem, że projekt zostanie prawidłowo opracowany.

Rów najlepiej zlokalizować na stosunkowo płaskim terenie (NWRM, 2013). Jego głębokość powinna wynosić około 1–2 m, szerokość 1–2,5 m i głębokość do 1,8 m (Pennsylvania, 2006). Aby ograniczyć prędkość spływu powierzchniowego i stworzyć odpowiednie warunki do wsiąkania i oczyszczania wody, spadek podłużny rowu nie powinien przekraczać 2% (NWRM, 2013). Dno rowu powinno znajdować się co najmniej 1 m powyżej maksymalnego poziomu wód gruntowych (NWRM, 2013). Rowy infiltracyjne najlepiej nadają się do przechwytywania spływu powierzchniowego z miejsc, gdzie nie występuje dużo osadów (na przykład z parkingów). W przeciwnym razie konieczne jest wstępne przefiltrowanie wody ze spływu powierzchniowego w celu usunięcia osadu i drobnego mułu, aby zapobiec zatkaniu struktury rowu (NWRM, 2013).



Rysunek 8. Przekrój typowego rowu infiltracyjnego (na podst. Innovyze, 2016)

Utrzymanie i pielęgnacja

Niezbędne zabiegi konserwacyjne obejmują usuwanie śmieci i zanieczyszczeń, kontrolę swobodnego przepływu wody i przycinanie wszelkich korzeni, które mogłyby zablokować przepływ wody (NWRM, 2019). Osadnik oraz otwory wlotowe wymagają przeglądu i czyszczenia co najmniej dwa razy w roku. Ponadto należy dbać o utrzymanie

roślinności w dobrym stanie, a w razie konieczności dosadzanie jej tak szybko, jak to możliwe (Pennsylvania, 2006). Przez pierwsze kilka miesięcy po budowie stan rowu należy sprawdzać po każdej dużej ulewie, aby upewnić się, że wykop jest stabilny i działa prawidłowo (Minnesota, 2015).

Potencjalne problemy	Rozwiązania
Ograniczenia konstrukcyjne: rowów nie można budować w pobliżu budynków i gdy wody gruntowe są zanieczyszczone. Rowy nie spełnią swojej funkcji na stromych zboczach i w miejscach, gdzie podłoże jest luźne i niestabilne (MW, 2017)	Opracowanie raportów geotechnicznych na potrzeby projektowania i modelowania; kontrola ciężkiego sprzętu i pojazdów w trakcie budowy, aby uniknąć nadmiernego zagęszczenia podłoża na obszarze infiltracji (Minnesota, 2015)
Ograniczenie do stosunkowo małych zlewni	Włączenie rowu infiltracyjnego do większego systemu rozwiązań odprowadzających i oczyszczających wodę deszczową

Literatura

Dublin, 2019. *Infiltration Trenches & Soak-Aways*. Greater Dublin Strategic Drainage Study – Environmental Management Policy.
<https://www.dublincity.ie/sites/default/files/content//WaterWasteEnvironment/WasteWater/Drainage/GreaterDublinStrategicDrainageStudy/Documents/App%20E%20Infiltration%20Trenches%20and%20Soakaways.pdf>

Innovyze, 2016. *Infiltration Trench*. XPdrainage 2016 Help Documentation.
<https://help.innovyze.com/display/XDH2016v1/Infiltration+Trench>

Minnesota, 2015. *Minnesota Urban Small Sites BMP Manual, Infiltration Trenches*. Minnesota.
<http://sccd.org/wp-content/uploads/2015/07/Infiltration-Trenches.pdf>

NWRM, 2013. *Individual NWRM – Infiltration trenches*. Natural Water Retention Measures, European Commission.
http://nwrn.eu/sites/default/files/nwrn_ressources/u8_-_infiltration_trenches.pdf

Pennsylvania, 2006. *Pennsylvania Stormwater Best Management Practices*. Department of Environmental Protection, Bureau of Watershed Management, Pennsylvania.
https://www.stormwaterpa.org/assets/media/BMP_manual

susdrain 2019. *Component: Infiltration trenches*.
https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/infiltration/infiltration_trench.html

fot. DC Green Infrastructure



fot. Centrum Informacji i Edukacji Ekologicznej w Gdańsku

Rysunek 9. Ogród deszczowy w pojemniku: Waszyngton, Stany Zjednoczone (po lewej); przy budynku InfoBox w Gdyni, Polska (po prawej)

1.5. Ogrody deszczowe w pojemnikach

Ogrody deszczowe w pojemnikach (ang. *bioretention planters*; rysunek 9) to obiekty zwykle wyposażone w betonowe ściany, używane do gromadzenia i odprowadzania wody deszczowej. Wyróżniamy dwa główne ich typy. Pierwszy posiada pojemniki o charakterze przepływowym (zwane też filtracyjnymi), które mają pełne, nieprzepuszczalne dno oraz rury przelewowe do odprowadzania nadmiaru wody. Drugi typ, infiltracyjny, posiada otwarte dno, przez które woda może swobodnie przesiąkać do gruntu. W obu typach ogrodów woda deszczowa jest oczyszczana podczas przesiąkania przez kolejne warstwy roślinności, gleby i kruszywa, zanim dostanie się do gruntu rodzimego lub zostanie

odprowadzona do odbiornika. Istotną cechą ogrodów deszczowych w pojemnikach jest to, że można je łatwo adaptować do różnych lokalizacji, takich jak tereny zieleni, parkingi, dziedzińce i podwórza oraz inne przestrzenie miejskie. Ogrody deszczowe w pojemnikach potrzebują mniejszej przestrzeni dla osiągnięcia tej samej funkcji retencyjnej niż ogrody deszczowe w gruncie, a także zapewniają większą pojemność detencyjną oraz infiltrację niż rowy bioretencyjne o podobnym przekroju poprzecznym (NACTO, 2017). Ogrody deszczowe w pojemnikach przynoszą też korzyści natury estetycznej, przyczyniając się do upiększania ulic i ciągów pieszych w przestrzeniach publicznych.

Podstawowe informacje

Wymagania przestrzenne

Rozmiar pojemnika zależy od dostępności miejsca, co określa ostateczny potencjał retencyjny obiektu, jednak o ile to możliwe powierzchnia ogrodu powinna stanowić 2–5% odwadnianej zlewni. Wskazane jest, aby dno miało szerokość co najmniej 120 cm w celu zapewnienia dobrych warunków rozwoju roślinom. Węższe elementy mogą być stosowane w miejscach, gdzie przestrzeń jest ograniczona, lecz muszą być zaprojektowane tak, aby umożliwiły prawidłowy wzrost roślin. Maksymalny poziom zalewania to 15–30 cm (NACTO, 2017). Nie ma ograniczeń co do długości obiektu (NACTO, 2017). Pojemniki powinny być umieszczane przynajmniej 90 cm powyżej poziomu wód gruntowych, na terenach o spadku nie większym niż 5%. Ogrody infiltracyjne nie powinny być lokowane zbyt blisko granic nieruchomości, zaś obu rodzajów ogrodów nie należy umieszczać w pobliżu studni (Cuaran i Lundberg, 2015).

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitigacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	✓
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Możliwe rozwiązania towarzyszące

Rowy bioretencyjne, podłoża strukturalne, ogrody deszczowe i inne elementy systemów zrównoważonej gospodarki wodami deszczowymi

Miejsca zastosowania

Parki, parkingi, podwórza, ogrody prywatne i publiczne oraz inne tereny miejskie

Koszty

Koszty realizacji: od 230 EUR/m²; koszty utrzymania: od 0,3 EUR/m²/rok (Massachusetts, 2019; Delta, 2015)

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	✓
Efekt miejskiej wyspy ciepła	
Susza	✓
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	✓
Zachowanie ciągłości ekologicznej	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	✓
Wysokie zużycie energii	

Studia przypadków

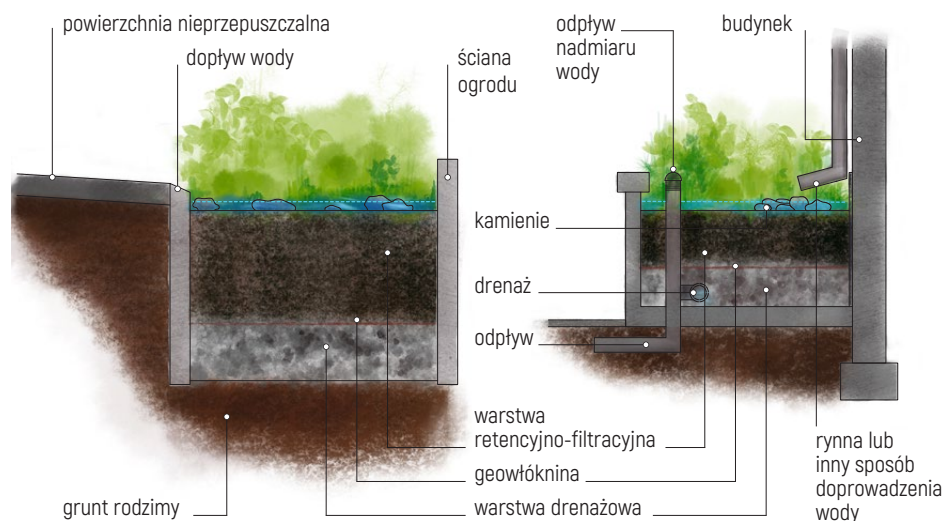
2.7. Plac zalewowy Zollhallen Plaza we Freiburgu

Szczegóły techniczne

Ogród deszczowy w pojemniku składa się z następujących elementów (rysunek 10):

- betonowe ściany o wysokości od 5 cm (gdy ma być przejmowana woda opadowa tylko z chodnika lub w przypadku przepuszczalnego podłoża) do 30 cm ponad teren otaczający (gdy ma być przejmowana woda z ulic lub w przypadku mniej przepuszczalnego podłoża);
- górna warstwa ściółki z roślinnością; zwykle stosuje się byliny kwitnące i trawy, krzewy i niewielkie drzewa (zalecane jest stosowanie gatunków rodzimych i przyciągających zapylacze, np. wierzby, nostrzyk żółty);
- warstwa retencyjno-filtracyjna o składzie gwarantującym duże tempo filtracji i pojemność wodną (ok. 60% piasku, 5–10% materii organicznej) oraz miąższości zapewniającej wystarczającą przestrzeń dla systemu korzeniowego roślin (Cuaran i Lundberg, 2015);
- warstwa drenażowa – żwir frakcji 10–15 mm o miąższości 15–30 cm.

W ogrodach o charakterze przepływowym w warstwie żwiru należy zainstalować rurę drenażową o średnicy min. 10 cm. Konieczna jest również instalacja przelewu awaryjnego. Ogrody takie mogą być łączone szeregowo, aby zapobiec podtopieniom. Współczynnik infiltracji materiału wypełniającego ogród przepływowy powinien wynosić od 25 do 50 mm/h, a konstrukcja ogrodu musi pozwalać na odprowadzenie wody w 24 do 72 godzin po opadach nawalnych. Pozwoli to uniknąć rozwoju bakterii i glonów oraz zapobiec rozmnażaniu się owadów (NACTO, 2017). W przypadku rozwiązań infiltracyjnych grunt rodzimy, na którym umieszczony jest ogród deszczowy, powinien charakteryzować się współczynnikiem infiltracji na poziomie 13 mm/h (Cuaran i Lundberg, 2015).



Rysunek 10. Schemat ogrodów deszczowych w pojemniku: ogród przepływowy (po lewej); ogród infiltracyjny (po prawej) (na podst. Cuaran i Lundberg, 2015)

Utrzymanie i pielęgnacja

Zbudowany ogród należy podlewać regularnie, aby zapewnić właściwe ukorzenie roślin. Po pierwszej burzy należy dokonać kontroli i ocenić prawidłowość odprowadzania wody, występowanie erozji oraz funkcjonowanie wpustu i wypustu wody w przypadku ogrodów przepływowych. Rośliny mogą być przycinane co miesiąc lub według potrzeb, dla osiągnięcia oczekiwanego efektu estetycznego. Zwiędłe liście i śmieci powinny być usuwane tak, aby zapewnić przepuszczalność

powierzchni. Dwa razy do roku należy monitorować stan roślin, w tym ocenić stabilność ich ukorzenienia, ewentualne zniszczenia, występowanie erozji gleby i stopień zamulenia. Należy usunąć pozostałości roślin, ściółki i gleby z wlotów i wylotów, aby uniknąć ich zapchania, oraz uzupełnić warstwę ściółki. Raz do roku zaleca się wymieniać martwe lub chore rośliny oraz wyrównać glebę, jeśli wystąpiła erozja (Cuaran i Lundberg, 2015; Massachusetts, 2019).

Potencjalne problemy	Rozwiązania
Nowo założone ogrody w pojemnikach mogą potrzebować podlewania przez okres od roku do trzech lat po realizacji	Zgromadzona deszczówka może służyć do podlewania, jednak wymaga to instalacji dodatkowej infrastruktury
Woda może przelewać się przez ściany ogrodu i zagrażać zawilgoceniem przyległych piwnic i innych obiektów w gruncie	Zwiększenie głębokości, do jakiej sięga ścianka w ziemi, zastosowanie izolacji do głębokości ścianki w ziemi, lub zastosowanie izolacji przyległych budowli w celu ograniczenia przenikania wody

Literatura

Cuaran, A., Lundberg, L., 2015. *Design of Bioretention Planters for Stormwater Flow Control and Removal of Toxic Metals and Organic Contaminants*. Chalmers University of Technology. Department of Energy and Environment, Gothenburg.
<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/225206/225206.pdf>

Delta, 2015. *Green Infrastructure Designs – Stormwater Planter*. Delta Institute, Chicago.
<https://delta-institute.org/delta/wp-content/uploads/GI-Toolkit-Stormwater-Planter-Section.pdf>

Massachusetts, 2019. *Massachusetts Clean Water Toolkit – Planter Box*. Massachusetts Department of Environmental Protection, Massachusetts.
<http://prj.geosyntec.com/npsmanual/planterbox.aspx>

NACTO, 2017. *Urban Street Stormwater Guide*. National Association of City Transportation Officials, New York.
<https://nacto.org/publication/urban-street-stormwater-guide>

fot. FPP Enviro



fot. FPP Enviro

Rysunek 11. Zielony przystanek w Białymstoku, Polska (po lewej); zielony przystanek w Radomiu, Polska (po prawej)

1.6. Zielone przystanki

Zielone przystanki (ang. *green bus stops*, rysunek 11) to innowacyjne rozwiązanie z zakresu miejskiej małej architektury, które spełnia wiele funkcji. Oprócz tego, że oferuje zadaszenie i miejsca siedzące dla oczekujących pasażerów, zatrzymuje wodę deszczową i zapewnia dodatkową zieloną przestrzeń dla ludzi i przyrody. Retencja deszczówki jest realizowana na kilka sposobów. Każdy przystanek autobusowy jest pokryty zielonym dachem, na którym woda jest odparowywana i pobierana przez rośliny. Nadmiar wody z dachu jest zatrzymywany w wegetatywnej skrzyni retencyjno-infiltracyjnej, zamontowanej z tyłu przystanku. Kierowany jest do niej również spływ

powierzchniowy z chodnika otaczającego przystanek. W skrzyni zasadzone są rośliny pnące, które tworzą zieloną ścianę, stanowiącą tył przystanku. Ewentualny nadmiar wody ze skrzyni jest kierowany na pobliskie tereny zieleni lub do strefy korzeniowej drzew rosnących nieopodal. Zielone przystanki przyczyniają się do zmniejszenia ryzyka lokalnych powodzi i przeciążeń kanalizacji deszczowej oraz ograniczania miejskiej wyspy ciepła. Wspierają także lokalną różnorodność biologiczną, tworząc minisiedliska dla owadów i ptaków. Ograniczają również skutki zderzeń ptaków ze szkłem w porównaniu z tradycyjnymi przystankami autobusowymi.

Podstawowe informacje

Wymagania przestrzenne

Orientacyjne rozmiary (mogą się różnić w zależności od danego projektu): długość 5,4 m, szerokość 1,9 m; maksymalna powierzchnia przyległych chodników, z której woda może być przechwycona przez standardowy przystanek, to 60 m²

Miejsca zastosowania

Centra miast i tereny zurbanizowane, pozostające w zasięgu komunikacji miejskiej

Koszty

Koszt realizacji: 18 000 EUR/szt. (w tej kwocie – poza samym przystankiem – mieszczą się urządzenia towarzyszące: ławka, panel reklamowy, kosz na śmieci itp.); koszty utrzymania: 3000 EUR/rok

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	✓
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Susza	
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	
Zachowanie ciągłości ekologicznej	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	✓
Wysokie zużycie energii	

Możliwe rozwiązania towarzyszące

Tereny zieleni, pojedyncze drzewa

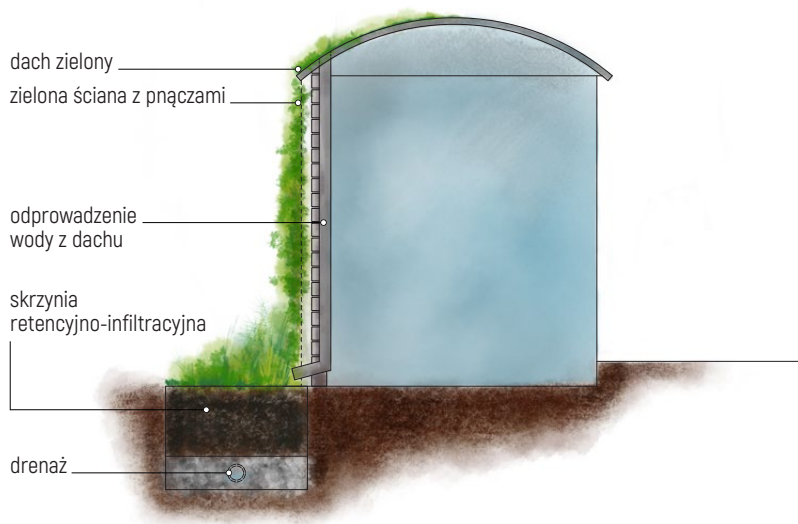
Szczegóły techniczne

Zielony przystanek składa się z następujących elementów (rysunek 12):

- wiat przystanku o innowacyjnym projekcie, wykonana z ocynkowanych profili stalowych, pomalowanych farbą proszkową, ścian ze szkła hartowanego, osadzona na prefabrykowanych betonowych fundamentach;
- zielony dach, w tym warstwa drenażowa, podłoże i mata wegetacyjna;
- ściany, pokryte wieczne zielonymi lub kwitnącymi pnączami rosnącymi w skrzyni retencyjno-infiltracyjnej, zapewniającej zasilanie roślin w wodę i chroniącej je przed mrozem;
- dodatkowe elementy odprowadzające nadmiar wody.

Zielone przystanki można instalować zarówno na obszarach o większym udziale zieleni, jak i tych silnie zurbanizowanych i uszczelnionych, z których woda deszczowa kierowana jest zwykle do kanalizacji. Dzięki temu można zagospodarować

istniejącą infrastrukturę i znacznie wzbogacić jej funkcjonalność, wykorzystując usługi ekosystemów, zwłaszcza infiltrację i retencję wód opadowych, do łagodzenia skutków zmian klimatu i wspierania różnorodności biologicznej bez wydzielania na ten cel dodatkowej przestrzeni. Opisywany projekt jest chroniony prawem patentowym.



Rysunek 12. Schemat zielonego przystanku autobusowego

Potencjalne problemy	Rozwiązania
Utrzymanie roślinności na zielonym dachu i ścianie	Zastosowanie rodzimych gatunków, odpornych na ciepło i suche warunki pogodowe Intensywne podlewanie dachu jest konieczne w ciągu pierwszych 2-3 miesięcy użytkowania (codziennie wieczorem) oraz podczas upałów i suchych dni (raz w tygodniu) w późniejszym czasie
Skuteczne odprowadzenie wody z chodników	Aby umożliwić odprowadzenie wody deszczowej z terenu sąsiadującego z przystankiem, należy zapewnić odpowiednie nachylenie chodników
Wyższe koszty utrzymania w stosunku do tradycyjnego przystanku	Zielone przystanki można zakwalifikować jako tereny zieleni, co pozwala część kosztów pokryć z budżetu na utrzymanie terenów zieleni

Prototyp zielonego przystanku został zaprojektowany i wykonany w ramach projektu LIFE14CCA/PL/000101 LIFE-RADOMKLIMA-PL „Adaptacja do zmian klimatu poprzez zrównoważoną gospodarkę wodą w przestrzeni miejskiej Radomia”, współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Programu LIFE oraz Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

fot. ACME



fot. Agnieszka Kowalewska

Rysunek 13. Zielony dach w Berlinie, Niemcy (po lewej);
ogród na dachu Centrum Nauki Kopernik w Warszawie, Polska (po prawej)

1.7. Zielone dachy

Zielony dach (ang. *green roof*; rysunek 13) to przestrzeń na dachu budynku, pokryta roślinnością posadzoną w substracie wegetacyjnym. Zielone dachy cieszą się rosnącą popularnością jako rozwiązanie służące zwiększaniu ilości zieleni w intensywnie zabudowanych przestrzeniach miejskich bez konieczności przeznaczania na nią dodatkowego terenu. Przynoszą liczne korzyści zarówno osobom prywatnym jak i społecznościom, a wiele z nich przyczynia się do mitygacji i adaptacji do zmian klimatu. Zielone dachy chłodzą i nawilżają powietrze, redukując efekt miejskiej wyspy ciepła i tym samym poprawiając lokalny mikroklimat. Podnoszą jakość powietrza poprzez wiązanie pyłów i toksycznych związków chemicznych. Roślinność na zielonych dachach wychwytuje i wiąże także dwutlenek węgla. Zielone dachy podnoszą efektywność energetyczną budynków, zapewniając izolację termiczną w czasie występowania zarówno

niskich, jak i wysokich temperatur. Rozwiązania te zwiększają również poziom retencji: mogą zmniejszać spływ powierzchniowy z dachu aż o 90%, co pozwala obniżyć koszty instalacji w budynku. Przy szerokim zastosowaniu zielonych dachów w skali miasta można zredukować także koszty budowy i utrzymania systemu kanalizacji deszczowej. Dodatkowe korzyści obejmują: stworzenie w pełni funkcjonalnej, dodatkowej przestrzeni otwartej, która może służyć różnym celom (np. jako miejsce rekreacji, produkcji żywności lub siedlisko dla dzikich gatunków roślin i zwierząt), izolację od hałasu oraz wzrost trwałości pokrycia dachu.

Wyróżniamy dachy intensywne i ekstensywne. Pierwsze mają grubszą warstwę substratu, w której może rosnąć bardziej różnorodna roślinność. Są one częściej zakładane na dachach dostępnych publicznie lub dla mieszkańców danego budynku.

Zielone dachy mogą służyć aktywnościom społecznym, ogrodnictwu i rekreacji. Intensywne dachy zielone wymagają jednak większych nakładów na pielęgnację niż dachy ekstensywne. Dachy ekstensywne składają się z cienkiej warstwy substratu,

porośniętej mało wymagającą roślinnością, taką jak mech, rozchodniki, byliny łąkowe i trawy. Są one tańsze w realizacji i wymagają minimum nakładów na pielęgnację po ustabilizowaniu się układu (Groenblauw, 2019).

Podstawowe informacje

Wymagania przestrzenne

Kąt nachylenia dachu: 0–5°; zielone dachy o większym spadku (do 45° lub więcej) mogą być instalowane przy użyciu mat antypoślizgowych i innych systemów zabezpieczeń; grubość: od 7 cm (dachy ekstensywne) do 125 cm (dachy intensywne); ciężar: od 80 kg/m² (dachy ekstensywne) do 570 kg/m² (dachy intensywne); retencja wody: od 25 l/m² (dachy ekstensywne) do 160 l/m² (dachy intensywne) (Groenblauw, 2019)

Miejsca zastosowania

Zielone dachy mogą być zakładane na każdej konstrukcji zdolnej unieść powyższe obciążenia. Mogą to być budynki mieszkalne i komercyjne, prywatne i publiczne, zadaszenia nad stacjami benzynowymi itp.

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	✓
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	✓
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Możliwe rozwiązania towarzyszące

Zielone ściany i fasady

Koszty

Dachy intensywne – koszt realizacji: od 150 EUR/m² (Info-dachy, 2015); koszt utrzymania: zróżnicowany, od 3,5–5 EUR/m² (Groenblauw, 2019) do 10–15 EUR/m² (Info-dachy, 2015). Dachy ekstensywne – koszt realizacji: 50–225 EUR/m² (Info-dachy, 2015); koszt utrzymania: 0,5–3 EUR/m² (Groenblauw, 2019)

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	✓
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Susza	
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	✓
Zachowanie ciągłości ekologicznej	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	✓
Wysokie zużycie energii	✓

Studia przypadków

- 2.5. Zielony dach, autostrada A7 w Hamburgu
- 2.6. Ekodzielnica Jenfelder Au w Hamburgu
- 2.9. Potsdamer Platz w Berlinie

Szczegóły techniczne

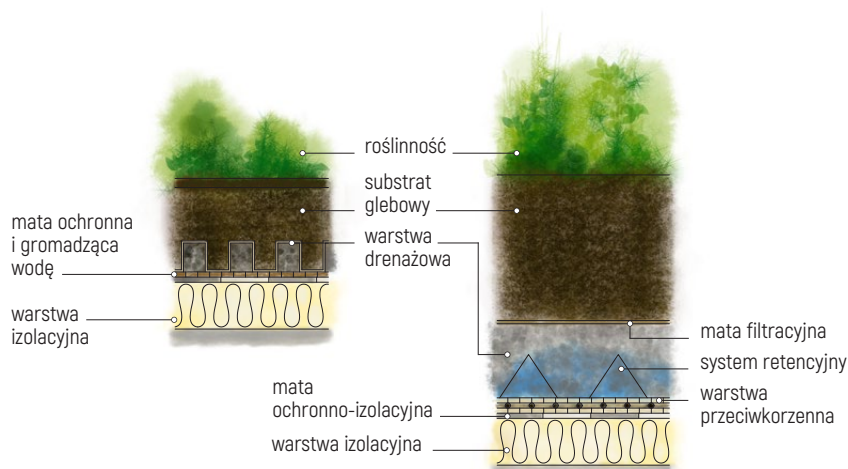
Ekstensywny zielony dach składa się z następujących elementów (rysunek 14):

- warstwa roślinna złożona z roślin o niewielkich wymaganiach pielęgnacyjnych: mchu, sukulentów, w tym rozchodników i innych bylin dwu- i jednoliściennych, w tym traw;
- cienka warstwa substratu (8–15 cm) (Bauder, 2019);
- warstwa drenażowa;
- warstwa ochronna, która zwykle ma postać wodoodpornej maty, zabezpieczającej konstrukcję dachu przed wodą i korzeniami;

Intensywny zielony dach składa się z następujących elementów (rysunek 14):

- warstwa roślinna złożona z różnorodnych typów roślin (małe drzewa, krzewy, byliny, rośliny jadalne);
- warstwa substratu (20–60 cm) (Groenblauw, 2019);

- warstwa filtracyjna, która zabezpiecza przed wymywaniem substratu i zamulaniem położonej niżej warstwy retencyjno-drenażowej;
- warstwa retencyjno-drenażowa, która pomaga zapewnić poziom wody niezbędny dla wegetacji roślin, a jednocześnie odprowadzić jej nadmiar;
- mata o właściwościach przeciwkorzennych;
- warstwa ochronno-izolacyjna, zabezpieczająca przed uszkodzeniami mechanicznymi (Bauder, 2019).



Rysunek 14. Schemat budowy zielonych dachów: dach ekstensywny (po lewej); dach intensywny (po prawej) (na podst. Groenblauw, 2019)

Utrzymanie i pielęgnacja

Wszystkie zielone dachy wymagają kontroli co pół roku celem sprawdzenia, czy ujścia wody są wolne od resztek roślin i nie zarastają. Dachy ekstensywne wymagają minimalnej pielęgnacji (co pół roku lub co kwartał), której celem jest zabezpieczenie przed rozwojem chwastów oraz chorób, a także

usunięcie śmieci, resztek, opadłych liści i innych zbędnych elementów. Dach intensywny wymaga regularnej pielęgnacji właściwej dla danego doboru gatunkowego i projektu, podobnie jak w przypadku zwykłego ogrodu.

Potencjalne problemy	Rozwiązania
Ograniczenia konstrukcyjne: niektóre budynki lub ściany nośne mogą nie mieć wystarczającej wytrzymałości, aby znieść dodatkowe obciążenie dachem zielonym	Dachy ekstensywne są lżejsze niż intensywne; dachy intensywne mogą wymagać wzmocnienia konstrukcji W nowych budynkach dodatkowe obciążenia należy uwzględnić już na etapie projektowym, biorąc pod uwagę także inne możliwe czynniki naturalne, jak np. opady śniegu, deszcze nawalne, wstrząsy sejsmiczne
Penetracja przez korzenie: rośliny o silnym systemie korzeniowym mogą niszczyć izolację dachu	Maty izolacyjne i wodoodporne używane na zielonych dachach powinny być dobierane pod kątem odporności na przerastanie korzeni

Literatura

Bauder, 2019. *Green roof. Design considerations*. Bauder Limited, Ipswich.

<https://www.bauder.co.uk/technical-centre/downloads/design-guides/green-roof-design-guide.pdf>

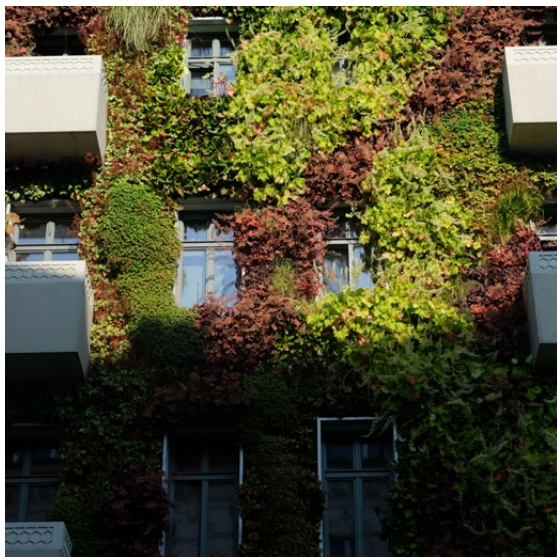
Groenblauw, 2019. *Green roofs*. Atelier Groenblauw, Urban Green-Blue Grids for sustainable and resilient city, Delft.

<https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/green-roofs>

Info-dachy, 2016. *Zielony dach czyli ogród nad głową. Ile kosztuje zielony dach?* Ekspert Budowlany.

<https://zbudujmydom.pl/arttykul/ile-kosztuje-zielony-dach>

fot. Ewa Iwaszok



fot. Michał Markowski



Rysunek 15. Ogród wertykalny w dzielnicy Krezuberg, Berlin, Niemcy (po lewej);
zielona ściana w Krakowie, Polska (po prawej)

1.8. Zielone fasady i ściany

Zielone fasady i ściany (ang. *green facades and walls*; rysunek 15) są częściowo lub całkowicie pokryte roślinnością rosnącą w pionie (lub sadzoną w zamocowanych w pionie pojemnikach). Zielone ściany pomagają redukować skutki zmian klimatu w środowisku miejskim na wiele sposobów, m.in. regulując temperaturę i ograniczając potrzebę ogrzewania lub chłodzenia. Na poziomie miasta łagodzą efekt miejskiej wyspy ciepła, generując cień i zapewniając ewapotranspirację (Sheweka i Mohamed, 2012). Na poziomie budynku pochłaniają i uwalniają mniej ciepła niż zwykła ściana (Groenblauw, 2019), co przyczynia się do poprawy izolacji termicznej. Co więcej, zielone ściany podnoszą jakość powietrza w pomieszczeniach i na zewnątrz poprzez wychwytywanie zanieczyszczeń. Zapewniają izolację akustyczną, są estetyczne i pomagają chronić strukturę budynku przed uszkodzeniami spowodowanymi wahaniami temperatury

i promieniowaniem UV. Zielone ściany umożliwiają wprowadzenie większej ilości zieleni do obszarów silnie zabudowanych, ponieważ praktycznie nie zajmują powierzchni na ziemi. Wspierają różnorodność biologiczną, zapewniając siedliska dla ptaków i owadów.

Niektóre miasta eksperymentują z tzw. „produktywnymi systemami fasadowymi”, które wytwarzają energię lub żywność. Wykorzystywane są w nich panele biofotowoltaiczne i panele z mchu, które pozyskują energię z naturalnych procesów mikrobiologicznych. Na przykład w Hamburgu fasada jednego z budynków zbudowana jest z paneli wypełnionych glonami hodowanymi w roztworze soli. Algi pochłaniają dwutlenek węgla i mogą być stosowane jako biopaliwo, a także jako nawóz organiczny (Syn.de.Bio, 2014).

Podstawowe informacje

Wymagania przestrzenne

Do stworzenia zielonej ściany można użyć fasady lub ściany dowolnego rozmiaru. Na ziemi potrzebna jest minimalna ilość miejsca, jednak należy zapewnić wystarczająco dużo przestrzeni pod ziemią, aby korzenie roślin miały odpowiednie warunki rozwoju

Miejsca zastosowania

Ściany budynków publicznych i prywatnych. Możliwe jest zastosowanie zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz budynku

Koszty

Koszty założenia zielonej ściany różnią się znacznie w zależności od rodzaju zastosowanego rozwiązania, jednak generalnie są wysokie. W przypadku zielonych fasad wykonywanych bezpośrednio na gruncie koszt obejmuje zakup i sadzenie roślin (pnączy), opcjonalnie zakup pojemników (donic) i montaż konstrukcji nośnej (o ile jest konieczna) oraz coroczne zabiegi konserwacyjne i przeglądy. Wewnętrzne systemy żyjących ścian, wyposażone w systemy nawadniania i oświetlenia, wymagają regularnej konserwacji i pielęgnacji, w związku z czym mogą kosztować nawet 3 200 EUR/m² (całkowity koszt instalacji i utrzymania przez 5 lat) [StyleGreen, 2019]

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	✓
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	✓
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	✓
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Susza	
Nadmierny spływ powierzchniowy	
Zagrożenie podtopieniami	
Zachowanie ciągłości ekologicznej	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	✓
Wysokie zużycie energii	✓

Możliwe rozwiązania towarzyszące

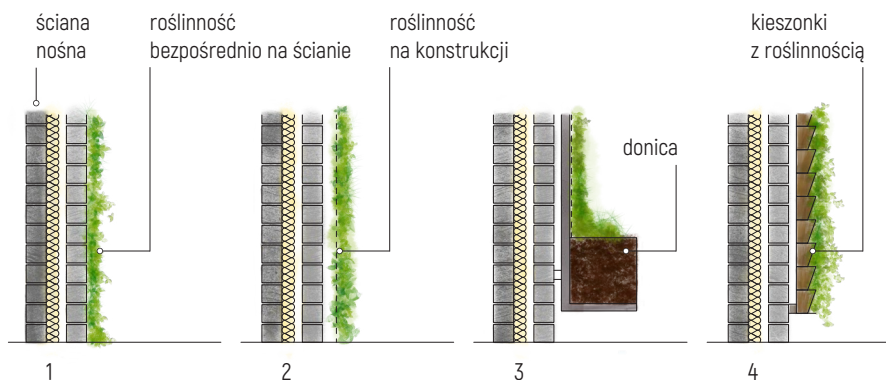
Zielone dachy

Szczegóły techniczne

Przy projektowaniu zielonej fasady najważniejsze decyzje dotyczą typu roślinności, rodzaju podłoża oraz konstrukcji nośnej. Zielone fasady tworzą pnącza, które mogą przywierać bezpośrednio do muru (rysunek 16.1) za pomocą specjalnych przyłg lub korzeni przybyszowych (np. winobluszcze, bluszcz pospolity, hortensja pnąca, przywarka). W tym przypadku nie jest potrzebna żadna konstrukcja nośna. Rośliny sadi się bezpośrednio w gruncie lub w donicach wypełnionych podłożem. To rozwiązanie wymaga mocnej fasady, bez pęknięć i szczelin pomiędzy cegłami lub ubityków tynku (Schwarz-v. Raumer, 2019). Stosuje się również rozwiązania (rysunek 16.2–3) wykorzystujące rośliny, które pną się po konstrukcji zainstalowanej na fasadzie, owijając się wokół niej za pomocą pędów, wąsów czepnych lub ogonków liściowych (np. dławisz, winorośl i powojniki) (Groenblauw, 2019). Możliwe konstrukcje nośne to np. systemy linek lub lekkie panele kratowe (Rakhshandehroo, 2016). Roślinność można sadzić bezpośrednio w gruncie lub w donicach u podstawy ściany. Objętość, drenaż i rodzaj podłoża w donicy należy dobrać uwzględniając wzrost roślin na przestrzeni lat. Selekcjonując rośliny, należy wziąć pod uwagę lokalne warunki (strefy) klimatyczne z uwzględnieniem mrozoodporności oraz orientację elewacji w stosunku do stron świata i jej nasłonecznienie.

W zielonych ścianach tego typu wykorzystuje się zazwyczaj jeden dominujący gatunek. Pnącza zakorzenione w gruncie potrzebują z reguły od 5 do 20 lat na zazielenienie całej elewacji budynku.

Do realizacji żyjących ścian lub ogrodów wertykalnych (rysunek 16.4) wykorzystuje się rośliny pnące lub zwisające, posadzone w doniczkach lub filcowych kieszeniach przymocowanych do fasady. Alternatywą jest podłoże (substrat) przymocowane bezpośrednio do ściany (Rakhshandehroo, 2016). Żyjące ściany są zwykle instalowane razem z automatycznym systemem nawadniania kropelkowego oraz systemem nawożenia. Aby zmniejszyć obciążenie fasady, stosuje się specjalne substraty. Tego typu rozwiązania są zatem droższe i wymagają większych nakładów i zużycia materiałów zarówno w przypadku budowy, jak i utrzymania. W żyjące ściany można wkomponować około 10–15 gatunków roślin, najczęściej są to mchy i byliny. Żyjące ściany zazieleniają się szybciej i bardziej równomiernie niż zielone fasady zakorzenione w gruncie. Ze względu na cienką warstwę podłoża są mniej odporne na mróz niż zielone fasady zakorzenione w gruncie (Schwarz-v. Raumer, 2019). Nadają się za to do realizacji wewnątrz pomieszczeń.



Rysunek 16. Różne rodzaje zielonych ścian: 1 – klasyczne zielone ściany; 2 – zielone fasady z wykorzystaniem pnączy rosnących w gruncie; 3 – zielone fasady z wykorzystaniem pnączy rosnących w donicach; 4 – żyjące ściany lub ogrody wertykalne (na podst. Perini i Rosasco, 2013)

Utrzymanie i pielęgnacja

Zielone fasady zakorzenione w gruncie w pierwszych miesiącach po instalacji potrzebują regularnych kontroli i zabiegów wspomagających prawidłowy wzrost. Na późniejszym etapie wymagają jedynie corocznego przeglądu konstrukcji nośnej i sprawdzenia stanu powierzchni ściany, do której ją przymocowano. Kanały burzowe i otwory kanalizacyjne w pobliżu fasady należy monitorować oraz regularnie oczyszczać ze śmieci i opadłych liści. W przypadku suszy konieczne może się okazać nawadnianie.

Kompleksowe systemy żyjących ścian wyposażone w systemy nawadniania wymagają regularnej, profesjonalnej konserwacji, zwykle oferowanej przez firmę, która je zainstalowała. Żyjące ściany zużywają wodę oraz energię i przez to mogą być drogie w utrzymaniu. Ze względu na ograniczoną przestrzeń do wzrostu, rośliny mogą wymagać wymiany co 5–10 lat.

Potencjalne problemy	Rozwiązania
Uszkodzenie elewacji przez pnąca wykorzystujące pęknięcia lub ubytki w tynku	Kontrola stanu elewacji przed rozpoczęciem prac i naprawa wykrytych usterek
Obawa mieszkańców przed zwiększoną ilością owadów i pajaków	Wprowadzanie roślinności w oddaleniu od okien i otwartych części budynku (np. na ślepych ścianach)
Zwiększone ryzyko pożaru w przypadku suszy	Podczas suszy dodatkowe nawadnianie roślin w fasadach zakorzenionych w gruncie lub donicach
Utrudnienia przy mocowaniu roślin do elewacji wysokich budynków spowodowane wiatrem	W przypadku wysokich elewacji wystawionych na działanie wiatru projektowanie roślinności na odpowiednich konstrukcjach nośnych

Literatura

- Groenblauw, 2019. *Green facades*. Atelier Groenblauw, Urban Green-Blue Grids for sustainable and resilient city, Delft. <https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/green-facades/>
- Perini, K., Rosasco, P., 2013. *Cost-benefit analysis for green façades and living wall systems*. Building and Environment 70, 110–121.
- Rakhshandehroo, M., 2016. *An introduction to green walls: green facades*. Conference: Post graduate Club Seminar, UPM, Faculty of design and architecture, universiti Putra Malaysia, Selangor, Malaysia https://www.researchgate.net/publication/290428328_AN_INTRODUCTION_TO_GREEN_WALLS_GREEN_FACADES
- Schwarz-v. Raumer, H. G., 2019. *UNaLab Technical Handbook of Nature-based Solutions*. Urban Nature Labs, Bruxelles. <https://www.unalab.eu/news/unalab-technical-handbook-nature-based-solutions>
- Sheweka, S.M., Mohamed, N.M., 2012. *Green Facades as a New Sustainable Approach Towards Climate Change*. Energy Procedia 18, 507–520. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610212008326>
- StyleGreen, 2019. *Cost Comparison Of A 10 Sqm Green Wall Over 5 Years*. StyleGreen, Höhenkirchen. <https://www.stylegreen.de/en/moss-and-plant-walls/>
- Syn.de.Bio, 2014. *BIQ – The Algae House by SPLITTERWERK*. Syn.de.Bio, University College, London. <http://syndebio.com/biq-algae-house-splitterwerk/>

fot. DeepRoot



fot. Agnieszka Kowalewska



Rysunek 17. Przykłady zastosowania różnych rodzajów nawierzchni przepuszczalnych na placu przy Century College Stormwater Education Island, White Bear Lake, Stany Zjednoczone (po lewej); ażurowy parking przy Muzeum Sztuki Nowoczesnej, Warszawa, Polska (po prawej)

1.9. Nawierzchnie przepuszczalne

Nawierzchnia przepuszczalna (ang. *permeable paving*; rysunek 17) umożliwia przenikanie wody ze spływu powierzchniowego do gruntu. Ułatwiają to znajdujące się w niej otwory lub porowaty materiał, z którego została wykonana. Istnieje wiele rodzajów nawierzchni przepuszczalnych, a ich konstrukcja różni się znacząco w zależności od planowanego zastosowania. Na przykład nawierzchnie stosowane na ścieżkach i chodnikach, placach zabaw czy w prywatnych ogrodach mogą być wykonane z betonowej kostki ułożonej w większych odstępach (przerwy dylatacyjne), betonowych płyt ażurowych, zrębków drzewnych lub żwiru. Na intensywnie użytkowanych drogach

i parkingach można użyć innych materiałów, takich jak kruszywa naturalne łączone żywicami syntetycznymi, betony porowate, kostki układane w większych odstępach, powierzchnie ażurowe klinkierowe czy żwir (Groenblauw, 2019). Zastosowanie nawierzchni przepuszczalnej niesie za sobą szereg korzyści, takich jak ograniczenie spływu powierzchniowego, zasilenie wód gruntowych, filtrowanie zanieczyszczeń i obniżanie temperatury powierzchni. Stosując nawierzchnie tego typu, ograniczamy także potrzebę budowy zbiorników retencyjnych czy innych systemów magazynowania wody deszczowej.

Podstawowe informacje

Wymagania przestrzenne

Nawierzchnia przepuszczalna może zastąpić istniejącą nawierzchnię, a w nowych realizacjach zostać użyta zamiast uszczelnionej nawierzchni

Miejsca zastosowania

Ścieżki, place zabaw, prywatne ogrody, drogi, parkingi

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	
Produkcja energii odnawialnej	
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	✓
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Możliwe rozwiązania towarzyszące

Systemy zrównoważonej gospodarki wodami deszczowymi, w tym rowy bioretencyjne, rowy infiltracyjne i stawy retencyjne; pojedyncze drzewa

Koszty

Koszty realizacji: około 43–86 EUR/m²; koszty utrzymania: około 0,05–0,21 EUR/m²/rok (Morello i in., 2019)

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Susza	✓
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	✓
Zachowanie ciągłości ekologicznej	
Poprawa jakości środowiska miejskiego	✓
Wysokie zużycie energii	

Studia przypadków

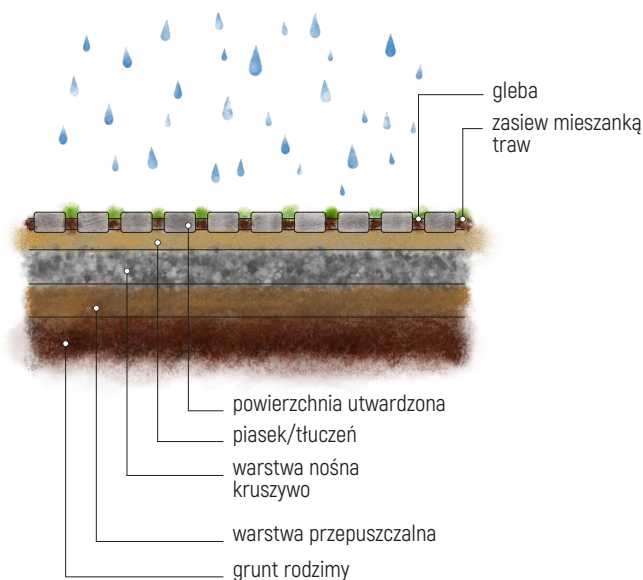
- 2.2. Błękitno-zielone żywe ulice, dzielnica Vauban we Freiburgu
- 2.3. Deszczowy plac zabaw Biberland w Hamburgu
- 2.6. Ekodzielnica Jenfelder Au w Hamburgu
- 2.7. Plac zalewowy Zolhallen Plaza we Fryburgu

Szczegóły techniczne

Nawierzchnia przepuszczalna składa się z następujących elementów (rysunek 18):

- wodoprzepuszczalna warstwa wierzchnia, która jest widoczna dla użytkowników i różni się w zależności od rodzaju nawierzchni przepuszczalnej (patrz powyżej);
- warstwa żwiru pod warstwą wierzchnią (z wyjątkiem przepuszczalnego betonu), która służy wzmocnieniu nawierzchni pod naporem pojazdów, a także gromadzeniu wody (podczas i po deszczu);
- podłoże – grunt rodzimy, którego przepuszczalność warunkuje odprowadzenie wody do głębszych warstw gruntu;
- warstwa drenująca (opcjonalnie), obejmująca zwykle plastikowe rury o średnicy 10–20 cm, odprowadzające wodę do systemu kanalizacji burzowej, oraz geowłókninę (opcjonalnie). Instaluje się je zazwyczaj w przypadku, gdy nawierzchnie przepuszczalne budowane są na ciężkich gruntach gliniastych.

Spadek terenu w miejscu budowy nawierzchni przepuszczalnej nie powinien przekraczać 5% (im bardziej płaski teren, tym lepiej). Nawierzchnie przepuszczalne nie powinny się znajdować mniej niż: 1,2 m nad poziomem wód gruntowych, 30 m od studni, 3 m od fundamentu budynku znajdującego się powyżej planowanej lokalizacji nawierzchni i 30 m od fundamentu budynku położonego poniżej planowanej lokalizacji. Nawierzchnia przepuszczalna nigdy nie powinna być wykorzystana w pobliżu możliwych źródeł zanieczyszczeń, takich jak np. stacja benzynowa (LSS, 2019).



Rysunek 18. Schemat przekroju przykładowej powierzchni przepuszczalnej (na podst. Groenblauw, 2019)

Utrzymanie i pielęgnacja

Właściwa pielęgnacja jest niezbędna do prawidłowego funkcjonowania i trwałości nawierzchni przepuszczalnej. Bez odpowiednich zabiegów nawierzchnia z czasem zapycha się i wymaga wymiany. Raz w miesiącu należy usunąć zanieczyszczenia, w tym żdźbła trawy, osad, śmieci oraz liście. Raz lub dwa razy w ciągu roku (najlepiej w styczniu i w lipcu) nawierzchnię przepuszczalną należy gruntownie oczyścić. Zimą zalecane jest regularne odśnieżanie jej łopatą z gumową krawędzią

lub pługiem śnieżnym. Należy unikać posypywania śniegu i lodu piaskiem, ponieważ zatyka on otwory w nawierzchni. Po powierzchniach przepuszczalnych nie powinno się jeździć ani parkować na nich ciężkimi pojazdami. Należy monitorować spójność konstrukcji nawierzchni, a także wyloty drenów. W razie potrzeby należy dokonywać napraw lub wymiany uszkodzonych elementów.

Potencjalne problemy	Rozwiązania
Niewystarczająca pojemność retencyjna	Podłączenie nawierzchni przepuszczalnej do systemu odwadniania
Zmniejszenie skuteczności odprowadzenia wody z upływem czasu	Nawierzchnie przepuszczalne powinno się budować z dala od obszarów, gdzie może wystąpić naruszenie stabilności gruntu. W zimnym klimacie zastosowanie nawierzchni przepuszczalnej należy uważnie przemyśleć (LSS, 2019); w takich warunkach konieczna jest jej wymiana co 15–25 lat (CTC, 2012)

Literatura

Groenblauw, 2019. *Porous paving materials*. Atelier Groenblauw, Urban Green-Blue Grids for sustainable and resilient city, Delft.
<https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/porous-paving-materials>

Morello, E., Mahmoud, I., Colaninno, N. (red.), 2019. *Catalogue of Nature-based solutions for urban regeneration*. Energy & Urban Planning Workshop, School of Architecture Urban Planning Construction Engineering, Politecnico di Milano.
<http://www.labsimurb.polimi.it/nbs-catalogue/>

LSS, 2019. *Pervious Pavement*. Lake Superior Streams, Duluth.
<http://www.lakesuperiorstreams.org/stormwater/toolkit/paving.html>

CTC, 2012. *Comparison of Permeable Pavement Types: Hydrology, Design, Installation, Maintenance and Cost*. CTC & Associates LLC, WisDOT Research & Library Unit, Uni-Group USA, Palm Beach Gardens.
<https://www.uni-groupusa.org/PDF/Wisconsin%20TSR-2011-permeable-pavements.pdf>



Fot. NCAT CAES

Rysunek 19. Biowęgiel, który dodaje się do gleby w celu uzyskania podłoża strukturalnego

1.10. Podłoża strukturalne

Podłoża strukturalne wytwarzane są z gleby i dodatków takich jak piasek, ił, glina i materia organiczna/kompost, ewentualnie również torf i biowęgiel (Embrén, 2016). Proporcje składników są dobierane pod kątem określonego zastosowania (USCC, 2016). Podłoża tego typu można wykorzystać do sadzenia drzew, krzewów, bylin i traw, a także w systemach zrównoważonej gospodarki wodami deszczowymi. Kluczową korzyścią związaną z dodatkiem biowęgla do podłoża jest kontrolowana akumulacja węgla w glebie (Renforth i in., 2011). Poza tym biowęgiel nie ulega kompresji i nie zbija się, co ma fundamentalne znaczenie

dla zapewnienia dostępu wody i tlenu dla korzeni drzew i bylin na obszarach miejskich (Embrén, 2016). Biowęgiel ma również wiele innych zalet, m.in. zwiększa żyzność gleby i jej zdolności retencji wody, pochłania metale ciężkie, pestycydy, herbicydy i hormony, zapobiega wypłukiwaniu azotanów i bakterii kałowych do cieków wodnych, ogranicza emisję metanu z gleby. Ponadto biowęgiel długo utrzymuje się w podłożu, a tym samym wspomaga magazynowanie dwutlenku węgla w glebie (Renforth i in., 2011), co może mieć istotne znaczenie dla mitygacji zmian klimatu.

Podstawowe informacje

Wymagania przestrzenne

Podłoża strukturalne mogą zastąpić istniejącą glebę lub zostać wykorzystane zamiast tradycyjnego podłoża w nowych realizacjach

Miejsca zastosowania

Wszędzie, gdzie wymagane jest podłoże

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja

Pochłanianie CO₂ ✓

Produkcja energii odnawialnej

Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych ✓

Promowanie rozwiązań zrównoważonych

Koszty

Koszty inwestycyjne: zależą od zastosowanych składników podłoża

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza

Efekt miejskiej wyspy ciepła

Susza ✓

Nadmierny spływ powierzchniowy ✓

Zagrożenie podtopieniami

Zachowanie ciągłości ekologicznej

Poprawa jakości środowiska miejskiego

Wysokie zużycie energii ✓

Możliwe rozwiązania towarzyszące

Systemy zrównoważonej gospodarki wodami deszczowymi, w tym rowy i niecki bioretencyjne, ogrody deszczowe w pojemnikach i w gruncie, zielone dachy; pojedyncze drzewa, krzewy, byliny – w tym trawy

Szczegóły techniczne

Na jedno drzewo w środowisku miejskim potrzeba około 2,25 m³ gleby strukturalnej o porowatości około 40% (Embrén, 2016), zawierającej około 85% żwiru (wielkość ziaren 32–63 mm) i 15% bio-węgla (1–10 mm). Niemniej jednak skład mieszan-ki różni się w zależności od przeznaczenia. Podłoże odpowiednie dla bylin i krzewów składa się z trzech części żwiru (frakcji 2–6 mm) i jednej części bio-węgla (Embrén, 2016). Potencjalny problem może

stanować jakość biowęgla, a w szczególności zawarte w nim substancje toksyczne. Z tego powodu opracowano kilka systemów certyfikacji (np. *European Biochar Certificate* – Europejski Certyfikat Biowęgla). Co więcej, określenie „biowęgla” może odnosić się do wielu rodzajów materiałów, których właściwości fizyczne i chemiczne znacznie się od siebie różnią.

Potencjalne problemy	Rozwiązania
Niska jakość składników podłoża	Stosowanie certyfikowanych składników

Literatura

USCC, 2016. *What Are Engineered Soils*. US Composting Council, Raleigh.

http://compostforlas.com/wp-content/uploads/2016/11/A_Compost-Use-Engineered-Soils_GL-11-14-2016.pdf

Embrén, B., 2016. *Planting Urban Trees with Biochar*. The Biochar Journal, Ithaka Institute for Carbon Strategies, Arbaz. <https://www.biochar-journal.org/en/ct/77>

Renforth P., Edmondson, J., Leake, J.R., Gaston, K.J., Manning D.A.C., 2011. *Designing a carbon capture function into urban soils*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Urban Design and Planning, Vol. 164 (2), 121–128. <https://orca.cf.ac.uk/60889/1/Renforth%2520et%2520al%25202011%2520-%2520ProclCE.pdf>



Rysunek 20. Mapa studiów przypadków błękitno-zielonej infrastruktury zaprezentowanych w katalogu

2. Studia przypadków zastosowania błękitno-zielonej infrastruktury

10 dobrych przykładów z Niemiec

Poniższa część katalogu prezentuje dziesięć studiów przypadków kompleksowych zastosowań rozwiązań opartych na przyrodzie, wdrożonych lub planowanych do realizacji w wybranych niemieckich miastach (rysunek 20). Przykłady dotyczą zarówno nowych projektów na terenie dotychczas pozbawionym zabudowy (Rozdział 2.6. Ekodzielnica Jenfelder Au w Hamburgu), jak i rekultywacji terenów zdegradowanych (Rozdziały 2.1. Miejskie sztuczne mokradła, park Duisburg-Nord i 2.2. Błękitno-zielone żywe ulice, dzielnica Vauban we Fryburgu). Wybrane studia przypadków pokazują też, jak złożone rozwiązania błękitno-zielonej infrastruktury można zastosować zarówno w skali całego miasta (Rozdział 2.8. Sieć zielonych korytarzy przewietrzających w Stuttgartcie), jak i w skali lokalnej – pojedynczego skweru lub placu zabaw (Rozdziały 2.7. Plac zalewowy Zolhallen Plaza we Fryburgu i 2.3. Deszczowy plac zabaw Biberland w Hamburgu).

Omówienia poszczególnych studiów przypadków koncentrują się wokół sposobu, w jaki elementy błękitno-zielonej infrastruktury, zintegrowane w ramach szerszych systemów, są wykorzystywane do mitygacji istotnych problemów miejskich. Poza szczegółowym opisem rozwiązań przedstawiono powody wykorzystania NBS, wskazano bariery do pokonania w czasie rozwoju projektu oraz kluczowe czynniki sukcesu. Zaprezentowano również budżety opisywanych projektów.

Wszystkie studia przypadków zostały opracowane przy udziale i konsultacji osób zaangażowanych w ich tworzenie, od etapu zamówienia przez projekt po wdrożenie poszczególnych rozwiązań – menedżerów projektów lub urzędników miejskich. Serdecznie dziękujemy osobom i instytucjom, które zapewniły wszelkie informacje niezbędne do stworzenia tego katalogu. Dane kontaktowe zaangażowanych osób i instytucji podano w sekcji „Kontakt” w zakończeniu każdego studium przypadku.



fot. Thomas Berns

Rysunek 21. Zbiornik retencyjny wód deszczowych w parku Duisburg-Nord

2.1. Sztuczne mokradła miejskie, park Duisburg-Nord

Obiekty hydrofitowe w formie sztucznych mokradeł (ang. *constructed wetlands*) są budowane w rejonach wcześniej zdegradowanych i projektowane tak, aby wspomagać zarządzanie wodą opadową oraz gospodarkę wodno-ściekową na obszarach zurbanizowanych. Poprawiają jakość wód powierzchniowych i oczyszczają wody pochodzące ze spływu powierzchniowego z terenów miejskich poprzez żywy układ złożony z roślinności, gleby i mikroorganizmów. Tworzą także zielone oazy w miastach, dając możliwość wypoczynku mieszkańcom, redukując efekt miejskiej wyspy ciepła i zapewniając siedliska dzikiej przyrody. Tereny te mogą także zatrzymywać wody opadowe, zapobiegając miejskim powodziom.

Jeden z takich miejskich terenów podmokłych został założony jako część parku Duisburg-Nord w Duisburgu w Niemczech (rysunek 21). Park ten

powstał w ramach rekultywacji dawnego obszaru przemysłowego, na którym w 1985 r. zamknięto hutę i kopalnię węgla (Stilgenbauer, 2005). Całkowita powierzchnia parku wynosi 180 ha, z czego około 150 ha stanowią tereny zieleni, przez które przebiega 30 km ścieżek pieszych i rowerowych, zaś ok. 13 ha – tereny rolnicze. Układ sztucznych mokradeł został ukształtowany poprzez renaturyzację rzeki Emscher (rysunek 22), przecinającej cały obszar, która w przeszłości służyła do odprowadzania ścieków z zakładów przemysłowych. Została ona przekształcona w tzw. park wodny z mostkami i ścieżkami pieszymi, zasilany wyłącznie czystą wodą deszczową. Ścieki prowadzone są natomiast podziemnym kolektorem o średnicy 3,5 m, uszczelnionym warstwą gliny (L+P, 2019). Na wieży dawnej piekarni rud zainstalowano elektrownię wiatrową, która wspomaga oczyszczanie i transport wody.

Odpowiednio zaprojektowane zapory i zastawki pozwalają zatrzymać wodę i wypuszczać ją z opóźnieniem, dzięki czemu przepływ wody w kanale jest stosunkowo stabilny nawet w okresach suszy, a woda natleniona (Landschaftspark, 2019).

Nad wodą rozmieszczone są platformy widokowo-rekreacyjne, które umożliwiają odwiedzającym kontakt z przyrodą w tym nowo powstałym środowisku.

Podstawowe informacje

Budowa parku i mokradeł na jego terenie została sfinansowana i zrealizowana w ramach *Internationale Bauausstellung Emscher Park* (Międzynarodowej Wystawy Budownictwa „Emscher Park”). Finansowanie umożliwiły: miasto Duisburg, kraj związkowy

Nadrenia Północna-Westfalia, LEG Immobilien AG (niemiecka spółka z branży nieruchomości) oraz rząd federalny (Landschaftspark, 2019).

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitigacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	✓
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Niedobór wody	✓
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	✓
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	✓
Wysokie zużycie energii	

Czas realizacji

W 1988 r. kraj związkowy Nadrenia Północna-Westfalia przejął teren i uczynił dawną hutę żelaza częścią Międzynarodowej Wystawy Budownictwa Emscher Park (Internationale Bauausstellung Emscher Park – IBA). Proces planowania i realizacji projektu trwał od 1990 r. do końca 2001 r. Pierwsze prace budowlane ruszyły na początku 1992 r. W 1994 r. część parku została już otwarta dla zwiedzających

Źródła finansowania

Środki krajowe: 30% (kraj związkowy Nadrenia Północna-Westfalia); regionalne: 18% (Regionalny Związek Zagłębia Ruhry); miejskie: 11% (Miasto Duisburg); prywatne: 41% (Przedsiębiorstwo Operacyjne Parku Krajobrazowego Duisburg-Nord – Duisburg Kontor Hallenmanagement GmbH)

Zastosowane NBS

Zbiorniki retencyjne wody deszczowej, kanał, obiekty hydrofitowe

Koszty

Budżet na realizację parku, z wyłączeniem zakupu gruntów i kosztu rekultywacji zanieczyszczonych terenów: 15 500 000 EUR (L+P, 2011)

Geneza i rezultaty projektu

Przez większą część XX w. Duisburg i otaczające tereny Zagłębia Ruhry były poważnie zanieczyszczone, ponieważ stanowiły główny ośrodek przemysłowy Niemiec, mieszczący kopalnie węgla i zakłady produkcji stali. Upadek tych gałęzi ciężkiego

przemysłu odsłonił kryzys ekologiczny i skalę utraty tożsamości kulturowej w regionie. Inspirując się serią wcześniejszych Międzynarodowych Stałych Wystaw Budownictwa (IBA, Interbau – niem. *Internationale Bauausstellung*) w innych częściach Niemiec, rząd Nadrenii Północnej-Westfalii, samorządy lokalne i prywatne firmy utworzyły wspólną komisję, mającą na celu nadzorowanie szeroko pojętego procesu rewitalizacji obszaru, zarówno w aspekcie gospodarczym, jak i środowiskowym. W rejonie Duisburg–Nord departament rozwoju przestrzennego Nadrenii Północnej-Westfalii, przy wsparciu funduszy nieruchomości, zakupił grunty dawnych zakładów firmy Thyssen. Miasto Duisburg zmieniło swoje plany zagospodarowania przestrzennego tak, aby na tym terenie umożliwić realizację parku, i ogłoszono konkurs urbanistyczny na projekt parku Duisburg–Nord, obejmujący restrykcję terenów podmokłych. W wyniku konkursu



foto. Thomas Berns

Rysunek 22. Renaturalizowana naziemna część rzeki Emscher w parku Duisburg–Nord

Wyzwania	Rozwiązania
Zanieczyszczenie powietrza	Zakładanie terenów zieleni w celu zmniejszenia stężenia zanieczyszczeń w powietrzu Promowanie na terenach zieleni ekologicznych środków transportu, np. pieszego i rowerowego
Efekt miejskiej wyspy ciepła	Tereny zieleni zapewniają obniżanie temperatury powietrza przez transpirację, ewaporację i ocienienie Zbiorniki i ciekі wodne ochładzają i nawilżają powietrze przez parowanie, co pozytywnie kształtuje mikroklimat
Susza	Dzięki wybudowaniu systemu zastawek rzeka Emscher ma zapewniony stały przepływ także w okresach suszy
Spyw powierzchniowy	Ekstensywna, naturalna roślinność i nawierzchnie przepuszczalne ułatwiają wsiąkanie i zatrzymywanie wód opadowych
Ciągłość ekologiczna i funkcjonalna (rekreacyjna)	Stare urządzenia i budynki przemysłowe nie zostały wyburzone, lecz włączono je do nowego projektu, zaś dotychczasowy kanał ściekowy przekształcono w rodzaj ekologicznej oczyszczalni; pozwala to zachować dziedzictwo kulturowe (przemysłowe) regionu oraz wspiera tworzenie więzi społecznych Publiczne tereny zieleni i zbiorniki oraz ciekі wodne służą rekreacji, umożliwiają szerokie interakcje różnych grup społecznych, a także zapewniają siedliska dla dzikich roślin i zwierząt bytujących w środowisku miejskim
Poprawa jakości środowiska miejskiego	Teren całkowicie zdegradowany pod względem ekologicznym i znajdujący się w stanie zapaści ekonomicznej został przekształcony w przestrzeń miejską, która symbolizuje odnowę i promuje zrównoważony rozwój

powstała wizja parku, który następnie został zrealizowany (Stilgenbauer, 2005).

Realizacja, polegająca na przekształceniu silnie zdegradowanych terenów poprzemysłowych w ekologiczny park z założeniami wodnymi o charakterze krajobrazowym, uzyskała wiele nagród, takich jak *Green Good Design Award 2009*, *EDRA Places Award 2005*, *Play & Leisure Award 2004*, *Grande Medaille d'Urbanisme 2001* oraz Pierwszą Europejską Nagrodę w dziedzinie Architektury Krajobrazu *Rosa Barba 2000* (L+P, 2019b).

fol. Thomas Berns



Rysunek 23. Widok na park wodny (po lewej) i skład rudy żelaza zamieniony w ścianę wspinaczkową (po prawej)

Przeszkody i czynniki sukcesu

Wyzwaniem podczas tworzeniu parku było zagospodarowanie poszczególnych obszarów o zróżnicowanych rozmiarach. Na wczesnym etapie realizacji projektu brakowało porównywalnego przedsięwzięcia, które mogłoby posłużyć za wzór dla przekształcenia nieczynnej huty w nowoczesny wielofunkcyjny park (rysunek 23). Dlatego też pierwszy menedżer parku, Dirk Büsching,

z przymrużeniem oka nazywał siebie „pierwszym złomiarzem Duisburga”. Czynnikiem sukcesu przy realizacji projektu były stale rosnące zainteresowanie kulturą przemysłową, postępująca transformacja miejskiej przestrzeni życiowej oraz możliwości wykorzystania potencjału przyrodniczego i kulturowego parków, które pozwalają na organizację szerokiej gamy wydarzeń.

Kontakt

Park Duisburg-Nord

sekretariat@landschaftspark.de

Claudia Kalinowski i Lena Sieler (dział PR)

claudia.kalinowski@landschaftspark.de

lena.sieler@landschaftspark.de

Latz + Partner

Landscape Architecture Urban Planning

Partnerschaft mbB,

Partnership Register Munich PR 1581

post@latzundpartner.de

Literatura

L+P, 2011. *Landschaftspark Duisburg Nord*. Latz + Partner, Landezine, Landscape Architecture Platform. <http://www.landezine.com/index.php/2011/08/post-industrial-landscape-architecture>

L+P, 2019a. *Duisburg Nord – Waterpark*. Latz und Partner, Munich. <https://www.latzundpartner.de/en/projekte/postindustrielle-landschaften/duisburg-nord-wasserpark>

L+P, 2019b. *Duisburg Nord Landscape Park, DE*. Latz und Partner, Munich. <https://www.latzundpartner.de/en/projekte/postindustrielle-landschaften/landschaftspark-duisburg-nord-de>

Landschaftspark, 2019. *Häufig gestellte Fragen*. Landschaftspark, Duisburg. <https://www.landschaftspark.de/haufig-gestellte-fragen/studierende>

Stilgenbauer, J., 2005. *Landschaftspark Duisburg Nord – Duisburg, Germany*. Places 17(3), 6–9. <https://escholarship.org/uc/item/os88h5ds>



fot. Poudou99

Rysunek 24. Zielony rów infiltracyjny i zielone torowiska w dzielnicy Vauban we Fryburgu

2.2. Błękitno-zielone żywe ulice, dzielnica Vauban we Fryburgu

Błękitno-zielone żywe ulice, zwane także wooner-fami, zachęcają do tworzenia wspólnej przestrzeni sąsiedzkiej i ograniczają dominację samochodów. Zamiast znaków i oznaczeń drogowych, nacisk kładzie się tutaj na drzewa, klomby, place zabaw i zielone podwórka, które zachęcają do naturalnych interakcji społecznych. Żywe ulice o mniejszym natężeniu ruchu przynoszą mieszkańcom wiele korzyści: mniejsze zanieczyszczenie powietrza, mniej hałasu, łatwiejszy dostęp dla transportu niezmotoryzowanego (np. rowery), poprawa bezpieczeństwa, wzrost wartości nieruchomości, lepsze kontakty społeczne i bardziej efektywne wykorzystanie przestrzeni miejskiej.

Dzielnica Vauban we Fryburgu jest przykładem zrewitalizowanego terenu przemysłowego, gdzie

ograniczono dostęp dla samochodów. Ulice z zabudową mieszkalną pozbawione są parkingów. Mieszkańcy posiadają i używają o połowę mniej samochodów niż w innych dzielnicach o podobnych parametrach. Dzielnica składa się z niemal 2000 domów energooszczędnych (różne standardy budynków, w tym kilka domów plusenergetycznych), rozmieszczonych na obszarze 41 ha w odległości około 3 km od centrum Fryburga. Z tych 41 ha około 19 ha zajmują osiedla mieszkaniowe, 9 ha zarezerwowano dla ruchu drogowego i innych środków transportu, 3 ha to obszar o mieszanym przeznaczeniu, około 2 ha to tereny publiczne, a ostatnie 2 ha to powierzchnie handlowe. Terenom zabudowanym towarzyszy około 6 ha publicznych terenów zieleni (Freiburg, 2019). Gęstość zabudowy jest stosunkowo wysoka i wynosi około

95 jednostek na hektar. Budynki spełniają wysokie standardy izolacji termicznej (maksymalne zużycie energii 65 kWh/m², w przypadku 100 domów pasywnych 15 kWh/m²) i korzystają z energii słonecznej oraz z ogrzewania centralnego zasilanego zrębkami drzewnymi. Rozległe tereny zieleni, ogrody społecznościowe i strumień na obrzeżach osiedla tworzą przestrzeń do wypoczynku bez konieczności wyjazdu z dzielnicy (Field, 2011). Prywatne samochody mogą wjechać do Vauban od

strony wschodniej. Muszą się jednak poruszać z prędkością ruchu pieszego, ustępować pierwszeństwa innym użytkownikom dróg i mogą zatrzymywać się tylko po to, by wysadzić lub zabrać pasażera. W 2006 r. jedna z linii tramwajowych we Fryburgu została przedłużona i obecnie wszystkie gospodarstwa domowe w dzielnicy Vauban znajdują się w odległości do 400 m od przystanku tramwajowego (rysunek 24).

Podstawowe informacje

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitigacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	✓
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Niedobór wody	
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	✓
Wysokie zużycie energii	✓

Czas realizacji

Planowanie rozpoczęło się w 1992 r. Prace budowlane prowadzono w latach 1998–2004. Część udogodnień wprowadzono później, jak np. doprowadzenie linii tramwajowej do dzielnicy (Field, 2011)

Zastosowane NBS

Zielone rowy infiltracyjne, nawierzchnie przepuszczalne, zielone dachy, ogródki działkowe, tereny zieleni i parki

Źródła finansowania

Środki regionalne: 2,5 mln EUR (grant z rządowego programu rewitalizacji miast); miejskie: 3,5 mln EUR (2,5 mln – równowartość finansowania regionalnego oraz dodatkowy 1 mln EUR na pokrycie deficytu na koniec projektu); prywatne: 85,6 mln EUR ze sprzedaży nieruchomości oraz 10,8 mln EUR z dodatkowych przychodów

Koszty

Okolo 102 mln EUR (Freiburg, 2019)

Geneza i rezultaty projektu

Po opuszczeniu Vauban przez armię francuską w 1992 r. lokalni działacze ekologiczni utworzyli stowarzyszenie Forum Vauban, którego celem było wprowadzenie bardziej radykalnych założeń do planu zagospodarowania przestrzennego dzielnicy zaproponowanego przez władze miasta Fryburg. Efektem jest m.in. zaprojektowanie układu ulic w kształcie litery U, z wyraźnym zamiarem spowolnienia ruchu samochodowego i stworzenia ulic, na których bezpiecznie mogą bawić się dzieci. W rezultacie około 70% gospodarstw domowych w Vauban nie ma samochodu. W porównaniu z miastem Fryburg, gdzie w 2002 r. 34% dojazdów do pracy mieszkańcy odbyli rowerem, w dzielnicy

Vauban odsetek ten wynosił 61% dla gospodarstw domowych dysponujących samochodem i 91% dla gospodarstw bez samochodu (Field, 2011).

Linia tramwajowa w Vauban posiada zielone torowisko, co tłumi hałas, zmniejsza zanieczyszczenie powietrza i pomaga gospodarować wodą opadową w sposób przyjazny środowisku. W Vauban woda deszczowa i ścieki są odprowadzane oddzielnie. Mimo że typ gleby nie sprzyja infiltracji, w 1996 r. zapadła decyzja o tym, aby woda deszczowa zbierała się w rowach retencyjnych i jak największa jej ilość wsiąkała do gruntu. Miało to na celu zmniejszenie ilości wody, która trafia do lokalnego strumienia.

Wyzwania	Rozwiązania
Zanieczyszczenie powietrza	Zakładanie terenów zieleni w celu zmniejszenia stężenia zanieczyszczeń w powietrzu Tworzenie zielonych przestrzeni zachęcających do korzystania ze zrównoważonych środków transportu, które nie zanieczyszczają powietrza, np. rower zamiast samochodu Rozwiązania spowalniające ruch oraz zakaz parkowania sprawiają, że jazda na rowerze i tramwaj są atrakcyjnymi alternatywami dla pojazdów silnikowych
Efekt miejskiej wyspy ciepła	Tereny zieleni zapewniają chłodzenie dzięki zacienieniu oraz ewapotranspiracji (m.in. drzew i innych roślin)
Nadmierny spływ powierzchniowy	Roślinność i powierzchnie przepuszczalne pozwalają na powolne wsiąkanie wody deszczowej w grunt Tramwaje kursują po nieutwardzonych powierzchniach, co spowalnia spływ powierzchniowy
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	Publiczne tereny zieleni umożliwiają interakcje społeczne i zapewniają siedliska dla roślin i zwierząt
Poprawa jakości środowiska miejskiego	Część dawnych budynków koszarowych została odnowiona, a część rozebrana, aby zrobić miejsce dla nowych budynków mieszkalnych, z których 80% zostało zbudowanych przez mieszkańców zrzeszonych w spółdzielniach właścicielskich, a nie przez prywatnych deweloperów. To dodało dzielnicy wyjątkowego charakteru i zwiększyło poczucie wspólnoty wśród mieszkańców
Wysokie zużycie energii	Zielone dachy i izolacja termiczna zmniejszają zużycie energii w budynkach Niewielkie odległości do sklepów i zielonych terenów rekreacyjnych, a także wykorzystanie na szeroką skalę transportu niezmotoryzowanego i transportu publicznego zmniejszają zużycie energii



fot. Poudou99

Rysunek 25. Otwarte korytka odprowadzające deszczówkę w dzielnicy Vauban we Fryburgu

Aby ograniczyć spływ powierzchniowy do minimum, wdrożono zdecentralizowany system gospodarowania wodą deszczową, obejmujący takie rozwiązania jak zielone dachy, przepuszczalne chodniki, tereny zieleni i drzewa. Połączenie systemu rowów retencyjnych (infiltracyjnych) i zdecentralizowanych urządzeń do gospodarowania wodą deszczową okazało się skuteczne i pozwoliło znacznie zwiększyć retencję wody w glebie (Jakisch i in., 2013).

Poszczególne zespoły zabudowy osiedlowej tworzące dzielnicę są od siebie oddzielone pięcioma parkami zaprojektowanymi z udziałem mieszkańców. Parki te łączą się ze ścieżką spacerową wzdłuż strumienia Dorfbach, naturalnego terenu graniczącego od południa z Vauban. Służą jako tereny rekreacyjne, harmonizujące z sąsiadującym krajobrazem wiejskim. Pełnią także funkcję korytarzy wentylacyjnych, którymi masy chłodnego powietrza docierają do wnętrza dzielnicy (Coates, 2013).

Szczegóły techniczne

Oprócz budownictwa energooszczędnego, pozytywności energii ze słońca i niezależnienia od samochodów, dodatkowo na powierzchni 16 ha wprowadzono innowacyjny system odprowadzania wód opadowych. Łączy on w sobie separację ścieków oraz zbliżone do naturalnych sposoby gospodarowania wodą deszczową. Składa się z następujących elementów:

- zdecentralizowany system gospodarowania wodą deszczową na obszarach publicznych i prywatnych (zielone dachy, nawierzchnie przepuszczalne, tereny zieleni, drzewa i wykorzystanie wody deszczowej), ograniczający

natężenie spływu powierzchniowego generowanego na tych obszarach;

- centralny system rowów retencyjnych (infiltracyjnych) ze swobodnym przelewem do strumienia, umożliwiający retencję, infiltrację i odprowadzanie wody ze spływu powierzchniowego.

Rowy retencyjne (infiltracyjne) są połączone kaskadowo i tworzą dwa równoległe pasma (Nordgraben i Boulevardgraben), które prowadzą do wspólnego koryta, odprowadzającego nadmiar wody do strumienia Dorfbach w przypadku intensywnych opadów deszczu. Wody deszczowe z dróg kierowane są do

zielonych rowów infiltracyjnych, gdzie stopniowo wsiąkają w grunt. Rowy te są dodatkowo wyposażone w spiętrzenia w celu zwiększenia ich pojemności retencyjnej i spowolnienia przepływu. W przypadku nawałnych deszczy, jeśli objętość retencyjna zostanie przekroczona, nadmiar wody z rowów odprowadzany jest do strumienia. Woda z osiedli mieszkalnych dostaje się do rowów głównie przez płytkie korytka biegnące po obu stronach dróg (rysunek 25).

Na skrzyżowaniach dróg przechodzą one w podziemne rurociągi. Ze względu na większy ruch samochodowy woda z głównej drogi nie jest odprowadzana w ten sposób, ale trafia do kanalizacji zbiorczej (Jakisch, 2013). Rysunek 26 przedstawia schematyczny plan powierzchni odwadnianych w systemie rozdzielczym w dzielnicy Vauban, z wyróżnieniem rodzaju nawierzchni i materiału, z jakiego została ona wykonana.

Przeszkody i czynniki sukcesu

Vauban to atrakcyjna, przyjazna rodzinom dzielnica, która cieszy się popularnością m.in. ze względu na wysoką jakość życia. Kluczowe czynniki sukcesu, które zadecydowały o tym, że uznano ją za model zrównoważonej urbanistyki, to:

- nadzór gminy nad realizacją projektu – sprzedaż gruntów będących własnością gminy, po ich wykupieniu od państwa organizacja grupy projektowej Vauban w lokalnym samorządzie;
- szerokie zaangażowanie mieszkańców poprzez stowarzyszenie Forum Vauban (w tym wsparcie finansowe), a następnie – po nadaniu planowi mocy prawnej – nowe stowarzyszenie Stadtteilverein Vauban;
- wyjątkowa lokalizacja w sercu miasta oraz w otoczeniu terenów zieleni;
- uwzględnienie istniejącej zieleni i jej adaptacja w projekcie oraz ochrona w czasie budowy;



Rysunek 26. Mapa dzielnicy Vauban we Fryburgu, stan na maj 2011 (Jakisch i in. 2013)

- różnorodność architektoniczna w oparciu o solidną koncepcję urbanistyczną.

Jedną z barier utrudniających realizację pierwotnego planu proponowanego przez Stowarzyszenie Forum Vauban i przewidującego całkowity zakaz parkowania była ustawa obowiązująca w kraju związkowym Badenia-Wirtembergia, która wymaga, aby wszystkie gospodarstwa domowe miały dostęp do miejsca parkingowego. Wynegocjowano

kompromis, w wyniku którego ustalono wskaźnik poniżej 0,5 miejsca parkingowego na jednostkę mieszkalną, a większość miejsc parkingowych zlokalizowano w garażach na obrzeżach dzielnicy. Mieszkańcy ulic pozbawionych parkingów, którzy zdecydowali się na zakup miejsca parkingowego, płacą jednorazowo 16 000 EUR, a następnie są obciążani comiesięczną opłatą serwisową (Field, 2011).

Kontakt

Stadt Freiburg im Breisgau (Urząd Miasta Fryburg)
Green City Büro
greenicity@stadt.freiburg.de
www.freiburg-vauban.de/en/quartier-vauban-2

Stowarzyszenie Stadtteilverein Vauban
stadtteilverein@vauban.de
www.stadtteilverein-vauban.de/home_engl.php

Literatura

Freiburg, 2019. *Quartier Vauban. Von der Kaserne zum Stadtteil. Abschlussbericht zur Entwicklungsmaßnahme Vauban | 1992 – 2014*. Stadt Freiburg im Breisgau.
https://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/params_E1393816493/1286985/Abschlussbericht%20Vauban.pdf

Field, S., 2011. *Case study: Vauban, Freiburg, Germany* [w:] Foletta N., Field, S. (red.), *Europe's Vibrant New Low Car(bon) Communities*. Institute for Transportation and Development Policy, New York.
https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2014/07/26.-092211_ITDP_NED_Vauban.pdf

Jakisch, N., Brendt, T., Weiler, M., Lange, J., 2013. *Evaluierung der Regenwasserbewirtschaftung im Vaubangelände, Freiburg i.Br. – unter besonderer Berücksichtigung von Gründächern und Vegetation*. Eigenbetrieb Stadtentwässerung der Stadt Freiburg.
http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/regenwasservauban/Regenwasserprojekt_Vauban_Endbericht_Final.pdf

Coates, G. J., 2013. *The Sustainable Urban District of Vauban in Freiburg, Germany*. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics* 8(4), 265–286.
<https://www.witpress.com/elibRARY/dne-volumes/8/4/762>



© Landschaftsarchitektur + Felix Holzappel-Herzinger

Rysunek 27. Wizualizacja placu zabaw w dzielnicy Neugraben-Fischbek w Hamburgu

2.3. Deszczowy plac zabaw Biberland w Hamburgu

Place wodne to wielofunkcyjne przestrzenie publiczne, z których można korzystać zarówno w pogodne jak i deszczowe dni. Kiedy pada, obszary te przyjmują deszczówkę spływającą z okolicznych ulic. Gromadzona na placu woda jest następnie stopniowo odprowadzana do gruntu, dzięki czemu odciąża się kanalizację deszczową. Aby place były miłe dla oka i atrakcyjne do zabawy także w deszczowe dni, woda przepływa przez różnorodne kanały, ciek i zbiorniki, zainstalowane kaskadowo. Place wodne mogą mieć formę skwerów, placów zabaw, skateparków lub boisk do koszykówki, a często łączą te funkcje.

Deszczowy plac zabaw Biberland w dzielnicy Neugraben-Fischbek w Hamburgu jest pierwszym tego typu obiektem w Niemczech (rysunek 27). Pełni on funkcję tradycyjnego placu zabaw dla

dzieci, a równocześnie wspomaga gospodarkę wodą deszczową w dzielnicy. Wzdłuż placu przebiegają rów i korytko, dzięki którym możliwe jest odprowadzanie nadmiaru wody na teren miejskiego przedsiębiorstwa wodociągów i kanalizacji, gdzie wsiąka w grunt i zasila wody podziemne (RISA, 2013). Powierzchnia deszczowego placu zabaw wynosi około 2000 m². Całkowita powierzchnia zlewni wynosi około 34 ha, z czego 14 ha jest zabudowanych drogami i budynkami podłączonymi do systemów kanalizacyjnych. Pozostałe 20 ha to tereny zieleni, w tym zbiorniki wodne.

Podstawowe informacje

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	✓
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Niedobór wody	✓
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	✓
Wysokie zużycie energii	

Czas realizacji

Budowa: 2011–2013

Źródła finansowania

Środki miejskie: 100%

Zastosowane NBS

Zbiornik retencyjny, niecka chłonna i korytko rozsączające, rów retencyjno-infiltracyjny

Koszty

130 000 EUR

Geneza i rezultaty projektu

W południowo-zachodniej części Hamburga, w dzielnicy Hausbruch, znajduje się zbiornik retencyjny Haferacker. W latach siedemdziesiątych służył do tymczasowego magazynowania wody deszczowej spływającej z sąsiadujących obszarów zabudowanych. W latach 1997 i 2002 położona obok zbiornika szkoła uległa podtopieniu z powodu ulewnego deszczu. Po sytuacji z 2002 r. sprawa trafiła do sądu. W 2004 r. zbiornik został powiększony, aby zapobiec dalszym podtopieniom. Niemniej jednak w 2009 r. sąd rejonowy w Hamburgu zdecydował, że wymiary zbiornika wciąż są niewystarczające. Aby jeszcze bardziej ograniczyć dopływ wody deszczowej do zbiornika

retencyjnego Haferacker, zbudowano deszczowy plac zabaw dla dzieci, który przechwytuje jej nadmiar (rysunek 28). Ponadto przeprowadzona wśród mieszkańców ankieta wykazała potrzebę rewitalizacji starego placu zabaw i stworzenia wielopokoleniowego obszaru rekreacyjnego.

Pierwszym testem dla nowego zbiornika retencyjnego był ulewny deszcz, który spadł 9 lipca 2014 r. W ciągu 70 minut na obszar zlewni w dzielnicy Neugraben-Fischbek spadło 51,4 mm deszczu. Tym razem jednak przylegająca do zbiornika szkoła nie uległa podtopieniu, mimo że deszcz był znacznie silniejszy niż w 2002 r.



fot. Katja Fröbe

Rysunek 28. Deszczowy plac zabaw Biberland

Deszczowy plac zabaw nie tylko zapobiega podtopieniom na sąsiadujących terenach, ale także symbolicznie zamyka obieg wody i wyjaśnia jego funkcjonowanie mieszkańcom. Plac wodny w Hamburgu to jedna z kilku wielozadaniowych inicjatyw realizowanych na terenie miasta w ramach projektu

RISA (RegenInfraStrukturAnpassung), którego celem jest zamknięcie obiegu wody w mieście i optymalizacja ochrony przeciwpowodziowej oraz zmniejszenie obciążenia lokalnej sieci kanalizacji deszczowej.

Wyzwania	Rozwiązania
Efekt miejskiej wyspy ciepła	Tereny zieleni zapewniają chłodzenie dzięki zacienieniu oraz ewaporacji przez drzewa i rośliny Elementy wodne zapewniają chłodzenie związane z parowaniem wody i poprawiają mikroklimat
Niedobór wody	Woda deszczowa przepływa przez naturalny krajobraz i wsiąkając w grunt, zasila wody podziemne
Nadmierny spływ powierzchniowy	Woda płynie utwardzonym korytem i paruje. Koryto połączone jest ze zbiornikiem infiltracyjnym, a podczas bardzo intensywnych opadów deszczu woda przelewa się do niecki na terenie ochrony pośredniej ujęcia wód podziemnych Roślinność i powierzchnie przepuszczalne na placu zabaw pozwalają na powolne wsiąkanie wody deszczowej w grunt
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	Błękitno-zielona infrastruktura w przestrzeni publicznej sprzyja aktywności społecznej i stanowi ostoję dla miejskiej przyrody
Poprawa jakości środowiska miejskiego	Przeprojektowanie istniejących terenów zieleni z uwzględnieniem placów zabaw, terenów rekreacyjnych i stref odpoczynku

Szczegóły techniczne

Na części placu zabaw Biberland woda deszczowa jest infiltrowana do gruntu. Obszar, na którym gromadzi się woda, ma formę retencyjnej niecki infiltracyjnej. Podczas intensywnych opadów deszczu, które przekraczają pojemność tej niecki, nadmiar wody deszczowej przepływa kanałem okalającym plac zabaw na przylegający teren ochrony

pośredniej ujęcia wód podziemnych i tam wsiąka w grunt. W centralnym punkcie placu znajduje się odpływ, przez który woda jest odprowadzana w bardzo wolnym tempie. Kanały zasilające plac są wyposażone w filtry, dzięki czemu nie wypełnia się on zanieczyszczoną wodą.

Przeszkody i czynniki sukcesu

Na etapie planowania i wdrażania projektu jego realizatorzy stanęli przed wyzwaniami dotyczącymi:

- głębokości wody (konieczność wyeliminowania ryzyka utonięcia);
- jakości wody (ponieważ woda nie pochodzi z kranu, ważne jest, aby dzieci mogły bezpiecznie się w niej bawić – jednym z ważnych czynników jest czas retencji wody);
- ilości wody (musi być wystarczająca, ale nie za duża, aby wyeliminować ryzyko niebezpiecznie wysokiej prędkości przepływu).

Podsumowując, głównymi barierami były tradycyjne podejście do gospodarowania wodą deszczową oraz obawy, że plac zabaw może nie być

bezpieczny dla dzieci. Czynnikiem sukcesu całego projektu były:

- konieczność zmiany sposobu zarządzania wodą deszczową;
- chęć przeprojektowania, ulepszenia i ożywienia istniejącego terenu zieleni;
- stworzenie placu zabaw, na którym dzieci mogą bawić się nawet w deszczowe dni;
- zachowanie bezpieczeństwa dzieci korzystających z placu zabaw;
- projekt, który pozwala mieszkańcom zrozumieć, na czym polega obieg wody;
- jasny podział odpowiedzialności.

Kontakt

HAMBURG WASSER

Ole Braukmann

ole.braukmann@hamburgwasser.de

Literatura

RISA, 2013. *Deutschlands erster Regenspielfeld eröffnet*. Hamburg Wasser.
<https://www.risa-hamburg.de/projekte/erster-regenspielfeld-hamburg/>



© Planungsbüro DTP Landschaftsarchitekten GmbH

Rysunek 29. Projekt rekultywacji obszaru Luttergrünzug w Bielefeld

2.4. Rewitalizacja miejskich pierścieni zieleni Luttergrünzug w Bielefeld

Miejskie ciągi lub pierścienie zieleni to tereny niezabudowane lub rolnicze, które otaczają tereny zabudowane lub sąsiadują z nimi. Rewitalizacja miejskich ciągów zieleni to proces przeprojektowywania i przebudowy tych pasm w obrębie miast i wokół nich. Jest to konieczne, gdy utracą one zdolność pełnienia swoich funkcji, takich jak np. umożliwianie wypoczynku i rekreacji, ochrona środowiska naturalnego, poprawa jakości powietrza, zapewnianie ciągłości ekologicznej oraz siedlisk dla roślin i zwierząt.

Luttergrünzug to ciąg miejskiej zieleni zlokalizowany w Bielefeld w Niemczech. Jego nazwa pochodzi od nazwy rzeki Lutter oraz niemieckiego słowa *grünzug*, które znaczy „zielony korytarz”. Luttergrünzug łączy centrum miasta z położoną w jego wschodniej części dzielnicą Heepen (Bielefeld,

2019) i ma ogromne znaczenie środowiskowe dla otwartej przestrzeni miejskiej. Oferuje teren do wypoczynku i rekreacji dla około 36 tys. osób. Na tym obszarze znajdują się parki, stawy, place zabaw, ścieżki spacerowe i biegowe oraz rzeka Lutter (DTP, 2017). Rzeka ta została sztucznie utworzona w średniowieczu, a następnie wielokrotnie była przekształcana, przyczyniając się do rozwoju gospodarczego miasta Bielefeld (rysunek 29).

Ze względu na coraz częstsze występowanie gwałtownych i obfitych opadów atmosferycznych, rośnie znaczenie retencji wód opadowych i ochrony przeciwpowodziowej miast. Luttergrünzug może pełnić takie funkcje (DTP, 2017). Aby przygotować ten miejski ciąg zieleni na nadchodzące wyzwania, władze lokalne postanowiły go zrewitalizować.

Podstawowe informacje

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	✓
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	✓
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	✓
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Niedobór wody	✓
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	✓
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	✓
Wysokie zużycie energii	

Czas realizacji

Planowanie: od września 2016 r. Realizacja pierwszych czterech elementów zostanie zakończona do roku 2020/21, a następnych – sukcesywnie do 2024 r. [Uthmann, 2018]

Zastosowane NBS

Obszary retencji ze specjalnie dobraną roślinnością, zbiorniki zaporowe, pojedyncze drzewa

Źródła finansowania

Środki unijne: Europejska Ramowa Dyrektywa Wodna;

Środki krajowe: finansowanie rozwoju obszarów miejskich (Städtebauförderung) i Program Zukunft Stadtgrün KommInvest (Zielona Przyszłość Miasta);

Środki miejskie: Program rozwoju obszarów miejskich północnego śródmieścia INSEK; opłaty za odprowadzanie ścieków oraz środki prywatne [Uthmann, 2018]

Koszty

Koszty budowy: 5,8 mln EUR; koszty planowania: 1,2 mln EUR; całkowity koszt rewitalizacji: około 7 mln EUR

Geneza i rezultaty projektu

Projekt ma na celu rewitalizację obszaru Luttergrünzug, który z czasem zaczął wykazywać braki strukturalne i funkcjonalne. Zbiorniki wodne są zamulone, występują konflikty pomiędzy pieszymi i rowerzystami, a zielony korytarz coraz bardziej zarasta. Mieszkańcy pragną uczynić ten teren bardziej funkcjonalnym. Na decyzji o jego odnowieniu zaważyły również nowe wymogi Europejskiej Ramowej Dyrektywy Wodnej w sprawie ciągłości i wartości środowiskowych cieków wodnych oraz ochrony przeciwpowodziowej w ich sąsiedztwie (DTP, 2017). Trzy zbiorniki zaporowe znajdujące się na terenie Luttergrünzug stanowiły centralny punkt dyskusji, ponieważ obecnie ograniczają one drożność korytarza ekologicznego (DTP, 2017). Po stwierdzeniu, że jeziora zaporowe nie są konieczne, skupiono się na kwestii zachowania jak największej powierzchni lustra wody (DTP, 2017).

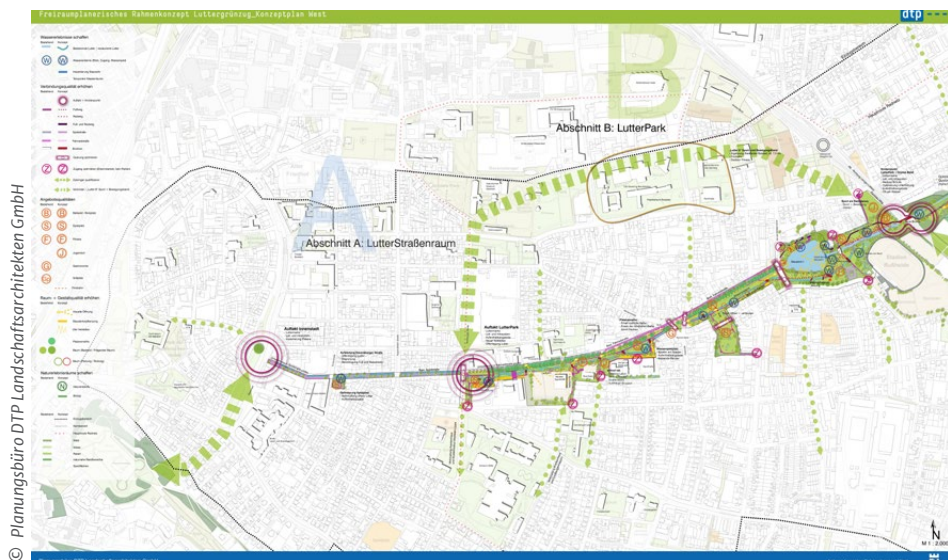
Biuro DTP odpowiedzialne za projekt przygotowało ramową koncepcję zawierającą propozycję przebudowy obszaru w oparciu o aktualną sytuację i opinie mieszkańców Bielefeld, zebrane podczas dwóch warsztatów. Większość z tych pomysłów została zaakceptowana przez władze. Nowy projekt zakłada m.in. likwidację jednego z jezior zaporowych oraz zmodernizowanie i rozbudowanie drugiego z nich, które będzie funkcjonowało jako „drugie Luttersee” (Uthmann, 2018). Aktualna koncepcja zakłada również połączenie Luttergrünzug z przestrzeniami publicznymi i terenami zieleni w promieniu 500 metrów, a także ulepszenie ciągów komunikacyjnych oraz wjazdów/wejść na teren (Bielefeld, 2019). W odniesieniu do głównej części obszaru przedstawiono sugestie dotyczące poprawy dostępu do wody, wypoczynku, sportu i innych możliwości rekreacji, jakości ścieżek i otwartych przestrzeni oraz zapewnienia dalszego rozwoju terenów zieleni (DTP, 2017).

Wyzwania	Rozwiązania
Zanieczyszczenie powietrza	Luttergrünzug pełni funkcję regulatora klimatu i przyczynia się do poprawy jakości powietrza (DTP, 2017)
Efekt miejskiej wyspy ciepła	Ze względu na kształt i położenie geograficzne Luttergrünzug funkcjonuje jako korytarz powietrzny wspomagający wentylację miasta. Pomaga to łagodzić upały w okresie letnim (DTP, 2017)
Niedobór wody	Nowo utworzony zbiornik Luttersee zwiększy powierzchnię lustra wody na terenie Luttergrünzug
Nadmierny spływ powierzchniowy	Dawne jezioro zaporowe oraz tereny wzdłuż rzeki Lutter zostaną przekształcone w obszary ochrony siedlisk i gatunków, co zwiększy ich zdolność retencyjną. Roślinność obejmie typowe zbiorowiska szuwarowe i gatunki drzewiaste towarzyszące wodom
Odporność na podtopienia	Obszary ochrony siedlisk i gatunków wzmocnią odporność obszaru na podtopienia (zapewnią naturalną ochronę przeciwpowodziową)
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	Zielony korytarz Luttergrünzug połączy ze sobą różne tereny zieleni (np. obszar wokół zamku Sparrenberg na zachodzie i park Heeperholz na wschodzie)
Poprawa jakości środowiska miejskiego	Różne części miasta będą lepiej ze sobą połączone, między innymi dzięki oddzieleniu chodników od ścieżek rowerowych. Nad jeziorem Luttersee funkcjonować będą liczne restauracje, toalety publiczne, plac zabaw, plaża i wybudowany już taras

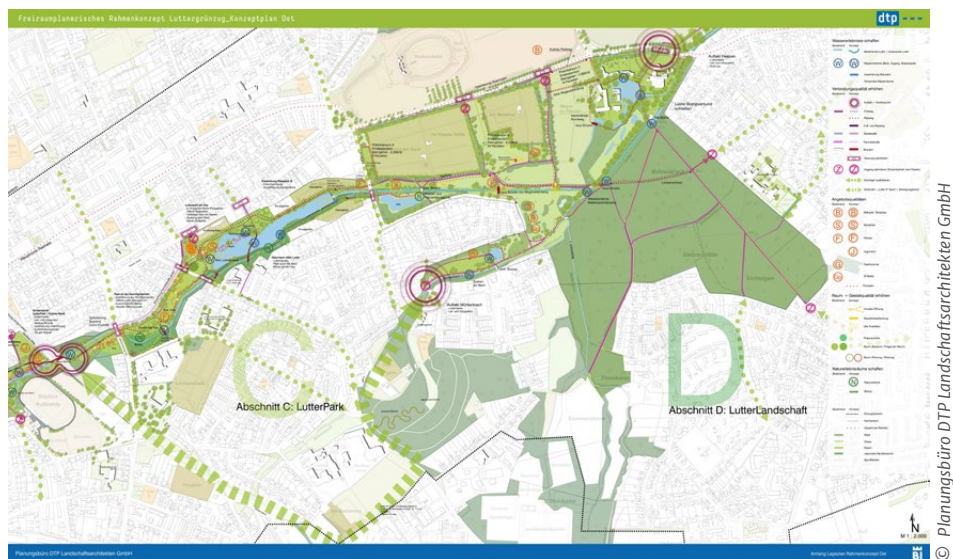
Szczegóły techniczne

Koncepcja ramowa dzieli obszar Luttergrünzug na część wschodnią i zachodnią, a następnie dzieli go na sekcje od A do D (rysunki 30 i 31). W sekcji C (LutterPark) można znaleźć nowe Luttersee oraz sąsiednie ogrody działkowe (Kleingärten). Sekcja D (LutterLandschaft) obejmuje duży zielony obszar. Zarówno część zachodnia, jak wschodnia będą oferować kilka możliwości rekreacji, w tym

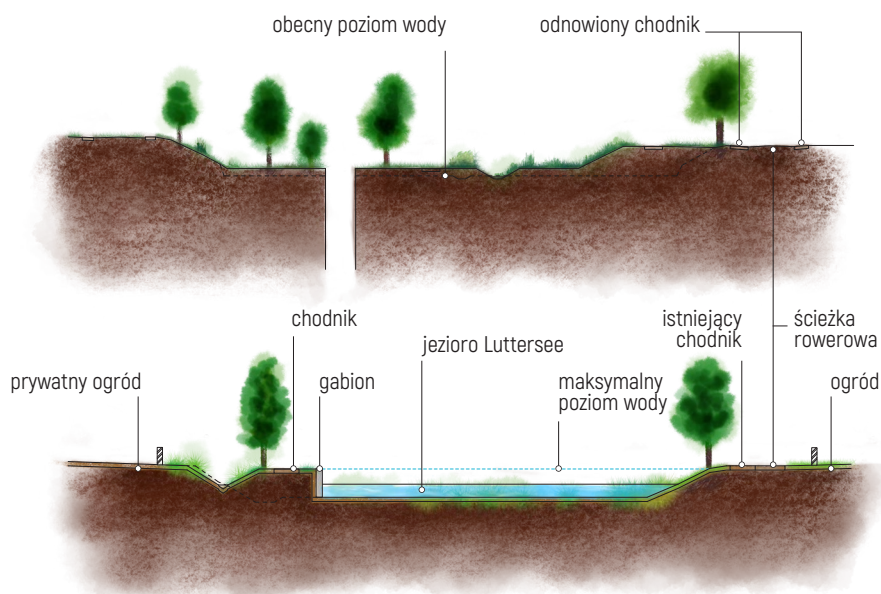
place zabaw i strefy fitness, a także miejsce do gry w piłkę. Przekroje obszaru Luttergrünzug (rysunek 32) pozwalają dokładnie przestudiować, jak będą wyglądać odnowione przestrzenie, pokazano na nich również wymiary poszczególnych części składowych tworzonych obszarów i rodzaj zastosowanej roślinności.



Rysunek 30. Zachodnia część Luttergrünzug przedstawiona w koncepcji ramowej



Rysunek 31. Wschodnia część Luttergrünzug przedstawiona w koncepcji ramowej



Rysunek 32. Przekroje poprzeczne pogłębionej części zrewitalizowanego Luttergrünzug: część parku między Lerchenstraße i Nachtigallstraße (na górze), Luttersee (na dole) na podst. Planungsbüro DTP Landschaftsarchitekten GmbH).

Przeszkody i czynniki sukcesu

Jeden z głównych tematów dyskusji w ramach projektu dotyczył wyboru pomiędzy zachowaniem ogrodów działkowych a rozszerzeniem terenów

zieleni z elementami wodnymi. Ostatecznie podjęto decyzję o zachowaniu ogródków działkowych (Bielefeld, 2019).

Kontakt

Stadt Bielefeld (Urząd Miasta Bielefeld)
Umweltamt
umweltamt@bielefeld.de

Planungsbüro DTP (biuro planistyczne)
Landschaftsarchitekten GmbH
post@ntp-essen.de
<https://ntp-essen.de/>

Literatura

Bielefeld, 2019. *Planungsanlass – Der Luttergrünzug im Wandel*. Stadt Bielefeld.
<https://www.bielefeld.de/de/un/uagrfr/pakan/luttergruenzug/plan/>

DTP, 2017. *Freiraumplanerisches Rahmenkonzept Luttergrünzug – Ergebnisbericht*. Planungsbüro DTP Landschaftsarchitekten GmbH, Essen.
https://www.bielefeld.de/ftp/dokumente/Bericht_Lutter_Teil1.pdf

Uthmann, J., 2018. *Neuer See für Bielefeld geplant*. Neue Westfälische.
https://www.nw.de/lokal/bielefeld/mitte/22023539_Neuer-See-fuer-Bielefeld-geplant.html



Rysunek 33. Wizualizacja zadaszenia autostrady A7 w Stellingen

2.5. Zielony dach, autostrada A7 w Hamburgu

Tworzenie zielonych zadaseri lub zielonych dachów nad autostradami to rozwiązanie, które zaczęto stosować w ostatnich latach w odpowiedzi na wyzwania i uciążliwości powodowane przez drogi szybkiego ruchu w miastach. Pomagają one ograniczyć hałas i zanieczyszczenie powietrza, są też odpowiedzią na problem fragmentacji środowiska i struktury społecznej. Zielony dach nad autostradą poszerza przestrzeń miejską, dodaje wartości sąsiadującym nieruchomościom, obniża temperaturę powietrza i zachęca do działań przyjaznych środowisku, takich jak ogrodnictwo miejskie.

Planowane zadaszenie autostrady A7 w Hamburgu to nie pierwszy tego typu projekt w Niemczech, bez

wątpienia jednak największy i najbardziej ambitny (rysunek 33). Zakłada on zainstalowanie dachu o szerokości 34 m i grubości 2–3 m nad autostradą łączącą Niemcy ze Skandynawią. Całkowita długość zadaszenia to 3,5 km. W efekcie powstanie 27 ha nowych terenów zieleni na warstwie podłoża o grubości 1,2 m. Do dyspozycji mieszkańców będą tam: leśny park, łąki, ścieżki rowerowe i spacerowe oraz ogródki działkowe. Ogródki działkowe zostaną przyznane jako rekompensata właścicielom, którzy wcześniej mieli działki wzdłuż autostrady. Na pozbawionym hałasu terenie o powierzchni 60 ha wzdłuż autostrady wybudowanych zostanie 3800 nowych mieszkań (Inhabitat, 2019).

Podstawowe informacje

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Czas realizacji

Planowanie trwa od 2007 r. Pierwszy odcinek zrealizowano w latach 2012–2019; drugi jest w trakcie budowy i ma zostać ukończony w 2020 r.; trzeci jest w fazie planowania i ma powstać w latach 2020–2028

Zastosowane NBS

Parki, ogródki działkowe

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	✓
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Niedobór wody	
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	✓
Wysokie zużycie energii	

Źródła finansowania

Środki krajowe: 82%; środki miejskie: 18%

Koszty

840 mln EUR

Geneza i rezultaty projektu

Projekt jest realizowany przez Ministerstwo Rozwoju Miasta i Ochrony Środowiska w Hamburgu wraz z Ministerstwem Gospodarki, Transportu i Innowacji w Hamburgu oraz Federalnym Ministerstwem Transportu, Budownictwa i Spraw Miejskich. Głównym wykonawcą jest Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH (DEGES) (Naturvation, 2019).

Autostrada A7 biegnie z Niemiec do Skandynawii i ma od sześciu do ośmiu pasów ruchu. Jest to jedna z najbardziej ruchliwych i uciążliwych autostrad w Niemczech. Mieszkańcy Hamburga skarżą się na nią od dawna, ponieważ jest głośna, fizycznie oddziela od siebie dzielnice i znacznie pogarsza jakość powietrza. Zielone zadaszenie

pozwole stworzyć nową, przyjazną przestrzeń miejską wokół autostrady i pilnie potrzebne mieszkania w liczbie 3800.

Ten ambitny projekt stał się wizytówką Hamburga jako zrównoważonego miasta. W 2011 r., kilka lat po rozpoczęciu planowania, Hamburg został wybrany Zieloną Stolicą Europy w konkursie promującym i nagradzającym zaangażowanie miast w rozwiązywanie problemów środowiskowych. W raporcie z 2016 r. „Hamburg: Zielona Stolica Europy pięć lat później” wspomniano o zielonym zadaszeniu autostrady. Opublikowana w 2014 r. strategia rozwoju miasta „Hamburg 2030” również uwzględnia ten projekt (NATURVATION, 2019).

Wyzwania	Rozwiązania
Zanieczyszczenie powietrza	Zakładanie terenów zieleni w celu zmniejszenia stężenia zanieczyszczeń w powietrzu Tworzenie zielonych przestrzeni zachęcających do korzystania ze zrównoważonych środków transportu, które nie zanieczyszczają powietrza, np. rower zamiast samochodu
Efekt miejskiej wyspy ciepła	Tereny zieleni zapewniają chłodzenie dzięki zacienieniu oraz ewapotranspiracji przez drzewa i rośliny
Nadmierny spływ powierzchniowy	Roślinność i powierzchnie przepuszczalne pozwalają na powolne wsiąkanie wody deszczowej w grunt
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	Publiczne zielone przestrzenie umożliwiają interakcje społeczne i zapewniają siedliska dla roślin i zwierząt
Poprawa jakości środowiska miejskiego	Zielony dach nad autostradą pozwala na budowę 3800 nowych mieszkań w nowo zazielenionej okolicy zapewniającej wysoką jakość życia

Przeszkody i czynniki sukcesu

Na początku wyzwaniem dla realizatorów projektu był brak wsparcia ze strony właścicieli działek. Nie chcieli oni opuszczać swoich parceli, ponieważ byli sceptyczni co do warstwy podłoża na zadaszeniu autostrady. Jednak ich bezpośrednie zaangażowanie w przygotowanie powierzchni i przeniesienie

działek pomogło przezwyciężyć sceptycyzm (rysunek 34). Na korzyść projektu działały także długi proces planowania trwający od 2007 r. oraz silne poparcie ze strony opinii publicznej.



Rysunek 34. Wizualizacja przekrycia autostrady A7 w Schnelsen z ogródkami działkowymi

W zakresie finansowania korzystny okazał się fakt, że Hamburg musiał pokryć jedynie różnicę pomiędzy ceną wymaganego prawem zabezpieczenia przed hałasem a kosztem pokrycia autostrady zielonym dachem wraz z jego projektem (Hamburg, 2019c). Szacowany koszt zielonego zadaszenia

trasy A7 to 840 milionów euro, z czego około 82% ma sfinansować rząd federalny. Pozostała suma będzie pochodzić z budżetu miasta oraz ze sprzedaży prywatnym deweloperom należących do miasta gruntów przylegających do autostrady.

Kontakt

Behörde für Wirtschaft Verkehr und Innovation
 Amt Verkehr und Straßenwesen, Abteilung
 Bundesfernstraßen
 Karina Fischer
 ausbauA7@bwvi.hamburg.de

Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen
 Amt für Landesplanung und Stadtentwicklung,
 Abteilung Projekte, Projekt Deckel A7
 Holger Djürken-Karnatz
 Deckel-BAB7@bsw.de

Literatura

Hamburg, 2017. *More Recreational Space – Widening and Covering the A7*. Hamburg.de. <https://www.hamburg.de/contentblob/7896716/e9ea1c9cc54407ebbe5doc335b118f29/data/2017-01-11-widening-and-covering-the-a7-engl-flyer.pdf>

Hamburg, 2019. *Ausbau A 7 & Deckel: Mehr Spuren und weniger Lärm für die Anwohner*. Hamburg.de. <https://www.hamburg.de/fernstrassen/ziele-und-nutzen/>

Inhabitat, 2019. *Hamburg is Building a Giant Green Roof Cover Over Sections of the A7 Motorway*. Inhabitat, El Segundo. <https://inhabitat.com/hamburg-is-building-a-giant-green-roof-cover-over-sections-of-the-a7-motorway>

NATURVATION, 2019. *Covering the A7 highway*. Urban Nature Atlas, Naturvation: cities – nature – innovation. <https://naturvation.eu/nbs/hamburg/covering-a7-highway>



© West 8

Rysunek 35. Wizualizacja dzielnicy Jenfelder Au

2.6. Ekodzielnica Jenfelder Au w Hamburgu

Ekodzielnice to dzielnice miast, które oferują różnorodne rozwiązania oparte na przyrodzie w celu osiągnięcia równowagi społecznej, gospodarczej i środowiskowej. Często obejmują one projekty eksperymentalne, szeroko konsultowane z lokalnymi interesariuszami i mieszkańcami.

Przykładem takiej ekodzielnicy jest Jenfelder Au w Hamburgu (rysunek 35). To pierwsza wielkoskalowa realizacja oparta na holistycznym podejściu Hamburg Water Cycle® (HWC), które obejmuje system zrównoważonej gospodarki wodami deszczowymi oraz neutralne dla klimatu osiedla mieszkalne. Dzielnica ta znajduje się 9 km od centrum

Hamburga, zajmuje powierzchnię około 35 ha i obejmuje 835 jednostek mieszkalnych, które będą bezpośrednio podłączone do HWC (HW, 2019a). Około 20% powierzchni to tereny zieleni oraz elementy wodne (HW, 2019b). Na obszarze dzielnicy zaprojektowano także podział odpływu ścieków na kilka strumieni, umożliwiając jednoczesną ochronę zasobów wodnych i większy odzysk energii ze ścieków. Oczekuje się, że dzielnica będzie generować znacznie mniejszą emisję CO₂ niż tradycyjnie zaprojektowana zabudowa mieszkaniowa.

Podstawowe informacje

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	✓
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	✓
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	✓
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Niedobór wody	✓
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	✓
Wysokie zużycie energii	✓

Czas realizacji

Planowanie: 2006–2013; budowa: 2013–2022

Zastosowane NBS

Zielone place, stawy retencyjne, rowy, nawierzchnie przepuszczalne, rowy bioretencyjne

Koszty

13 mln EUR (Gebauer, 2019)

Źródła finansowania

Środki unijne: Program UE LIFE+ ok. 2,8 mln EUR (na budowę i infrastrukturę); środki krajowe: granty badawcze z niemieckiego Federalnego Ministerstwa Edukacji i Badań Naukowych (BMBF), środki z Federalnego Ministerstwa Gospodarki i Energii (BMWi)

Geneza i rezultaty projektu

Projekt został opracowany w odpowiedzi na problemy związane z wysokim zużyciem energii i inne wyzwania miejskie na poziomie lokalnym. W Hamburgu znaczącym problemem

utrudniającym zrównoważony rozwój miasta jest odprowadzanie ścieków z gospodarstw domowych przez zbiorczy system kanalizacji o długości 5000 km, w którym mieszają się one z wodą

Wyzwania	Rozwiązania
Zanieczyszczenie powietrza	Zakładanie terenów zieleni w celu zmniejszenia stężenia zanieczyszczeń w powietrzu Tworzenie zielonych przestrzeni zachęcających do korzystania ze zrównoważonych środków transportu, które nie zanieczyszczają powietrza, np. rower zamiast samochodu
Efekt wyspy ciepła	Tereny zieleni zapewniają chłodzenie dzięki zacienieniu oraz transpiracji drzew i roślin Stawy retencyjne zapewniają chłodzenie ewaporacyjne i poprawiają mikroklimat
Niedobór wody	Wody deszczowe, zamiast trafiać do kanalizacji, przepływają przez naturalny krajobraz i zasilają wody gruntowe Toalety próżniowe do spłukania potrzebują tylko 1 litra wody. Przewidywana oszczędność wody pitnej to około 11 tys. litrów rocznie na osobę – przy 2 tys. użytkowników to około 22 tys. m³ wody rocznie
Nadmierny spływ powierzchniowy	Otwarte kanały umożliwiają przepływ wody deszczowej do zbiorników retencyjnych Optymalizacja ochrony przeciwpowodziowej dzięki zaprojektowaniu zbiorników w sposób, który zapewnia dodatkową pojemność retencyjną w przypadku deszczy ulewnych (mogą pomieścić do 5000 m³ wody ze spływu powierzchniowego) Roślinność i powierzchnie przepuszczalne pozwalają na powolne wsiąkanie wody deszczowej w grunt
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	Elementy błękitno-zielonej infrastruktury w przestrzeni publicznej umożliwiają interakcje społeczne i zapewniają siedliska dla roślin i zwierząt
Poprawa jakości środowiska miejskiego	Zabudowania są łączone i aranżowane tak, aby tworzyć różnorodność w pejzażu miejskim. Część budynków koszarowych z lat 1934/35 i dawny poligon uzyskały status zabytków i jako takie zostały objęte ochroną
Wysokie zużycie energii	Energia cieplna i elektryczna w dzielnicy jest dostarczana przez biogazownię zasilaną czarnymi ściekami. Elektrociepłownia gazowa wytwarza dwa razy więcej energii elektrycznej niż potrzeba do odbioru i oczyszczania ścieków. Reszta (odpowiadająca średniemu zużyciu 100–180 osób) jest oddawana do sieci. Pod względem ogrzewania wytworzona nadwyżka może zaspokoić potrzeby 50–100 gospodarstw domowych, w zależności od standardu energetycznego budynku. Pozostałą część energii grzewczej na potrzeby dzielnicy dostarcza w sposób neutralny dla klimatu lokalny dostawca ciepła GETEC

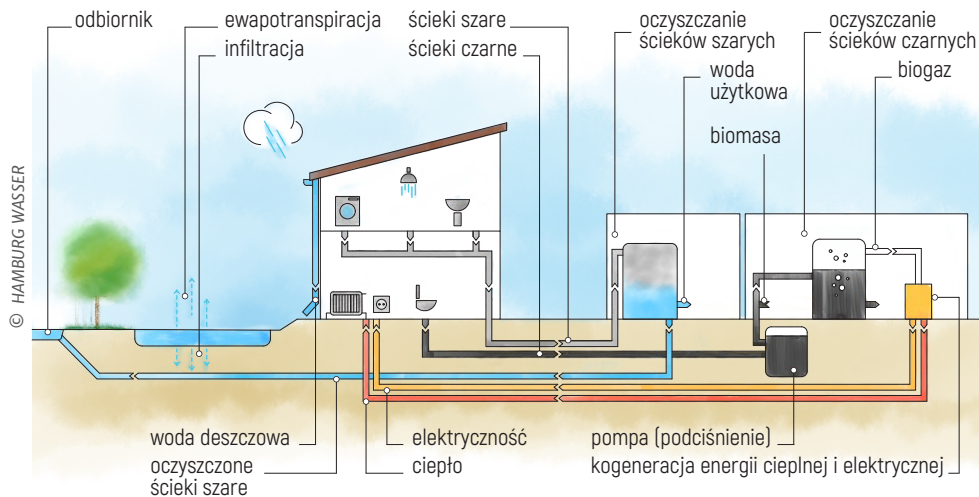
deszczową. Rozcieńczenie ścieków sprawia, że instalacje w oczyszczalniach potrzebują dużo energii, aby wyeliminować mikrozanieczyszczenia i usunąć azot oraz fosfor. Biogaz odzyskiwany z osadu w tym konwencjonalnym systemie z trudem wystarcza na potrzeby samych oczyszczalni, nie mówiąc już o ułatwieniu dzielnicom transformacji w kierunku neutralności węglowej (zerowego bilansu emisji dwutlenku węgla).

W tym szczególnym modelu wykorzystanie zrównoważonych miejskich systemów kanalizacji deszczowej, które są rozwiązaniami opartymi na przyrodzie, pozwala dzielnicę sprostać wielu różnorodnym wyzwaniom miejskim. Zastosowane elementy błękitno-zielonej infrastruktury obejmują stawy, rowy bioretencyjne i rozdzielanie obiegów wody za pomocą szarej infrastruktury (próżniowy system splukiwania toalet, alternatywa dla konwencjonalnego mieszania czarnych i szarych ścieków).

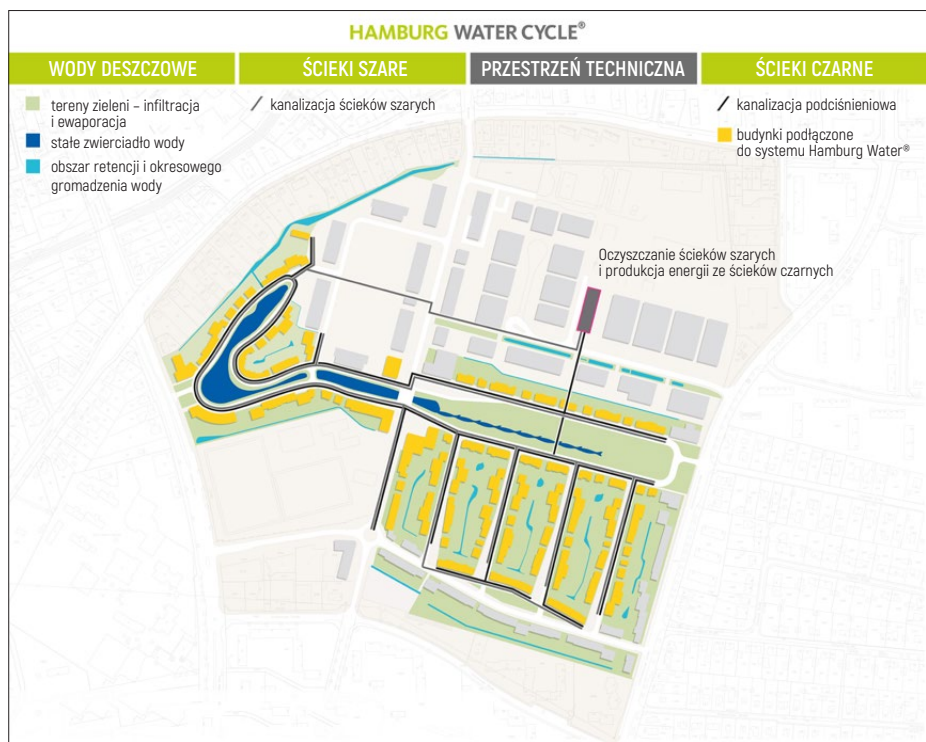
Szczegóły techniczne

Kluczowym założeniem HWC jest rozdzielanie obiegów różnego rodzaju ścieków bytowych i deszczowych. Woda deszczowa, ścieki z toalety, ścieki z kuchni i łazienki są oddzielnie odprowadzane

i przetwarzane (rysunki 36 i 37). Umożliwia to odzysk energii, która pozwala zaspokoić zapotrzebowanie na ciepło i elektryczność w nowej dzielnicy.



Rysunek 36. Schemat ideowy Hamburg Water Cycle® w dzielnicy Jenfelder Au, w którym ścieki czarne wykorzystywane są do produkcji energii



Rysunek 37. Plan kanalizacji rozdzielczej ścieków szarych i czarnych, funkcjonującej w ramach Hamburg Water Cycle® w dzielnicy Jenfelder Au

Przeszkody i czynniki sukcesu

Planowanie odbywało się w modelu partycypacyjnym, który zachęcał do udziału przedstawicieli wielu grup społecznych. Zarówno urbaniści jak i zainteresowani mieszkańcy mogli składać wnioski w fazie konkursu na projekt dzielnicy (Hamburg, 2019b). Podczas realizacji projektu napotkano takie trudności, jak wydłużony okres wdrażania (ze względu na marketing nieruchomości), niejasności prawne (dotyczące toalet próżniowych) i wyższe koszty w porównaniu z projektowaniem i budową

innych (tradycyjnych) dzielnic. Realizację ambitnego projektu umożliwiły:

- lokalne cele środowiskowe;
- wsparcie pojedynczych instytucji: Hamburg Wasser, Urzędu Dzielnicy (Bezirksamt);
- innowacyjne rozwiązania nadające prestiż;
- wsparcie finansowe ze środków ministerstw federalnych BMBF, BMWi, UE LIFE+.

Kontakt

Freie und Hansestadt Hamburg
Bezirksamt Wandsbek
Fachamt Stadt- und Landschaftsplanung
Mareike Gamarra
mareike.manarrazevallos@wandsbek.hamburg.de

HAMBURG WASSER
Kim Augustin
kim.augustin@hamburgwasser.de
www.hamburgwatercycle.de/kontakt/

Literatura

HW, 2019a. *Der HAMBURG WATER Cycle® in der Jenfelder Au*. Hamburg Wasser.
<https://www.hamburgwatercycle.de/das-quartier-jenfelder-au/der-hwc-in-der-jenfelder-au/>

HW, 2019b. *The Buildings and Residences of the Jenfelder Au*. Hamburg Wasser.
<https://www.hamburgwatercycle.de/en/the-jenfelder-au-neighbourhood/buildings-and-residences/>

Gebauer, K., 2019. *Aus Abwasser wird Energie*. taz.die tageszeitung.
<https://taz.de/!5600671/>



© Stefan Pranjic Photography

Rysunek 38. Widok na Zollhallen Plaza

2.7. Plac zalewowy Zollhallen Plaza we Fryburgu

Plac zalewowy to obszar, na którym można zagospodarować dużą ilość wody deszczowej, zamiast odprowadzać ją do kanalizacji miejskiej. Powierzchnie przepuszczalne i odpowiednie spadki terenu zapobiegają ucieczce wody deszczowej na sąsiednie tereny (co mogłoby powodować podtopienia), a także sprzyjają uzupełnianiu zasobów wód podziemnych. Place zalewowe mogą służyć do kontrolowania natężenia przepływu wody, a szczególnie jego ograniczania w sytuacjach ekstremalnych (tzw. ścinanie fali powodziowej), poprzez magazynowanie nadmiaru wody do czasu, aż ryzyko powodzi minie. Sprawdzają się w przechwytywaniu nadmiaru wody w przypadku średnich opadów, jak również gwałtownych i obfitych ulew. W efekcie place zalewowe zmniejszają potrzebę utrzymania i rozbudowy systemów

kanalizacyjnych, a równocześnie zapewniają szereg korzyści społecznych i środowiskowych.

Zollhallen Plaza w niemieckim mieście Fryburg (rysunek 38) jest przykładem placu zalewowego o powierzchni 5600 m² (FULL, 2019). Projekt umożliwia jego prawidłowe funkcjonowanie zarówno w warunkach suchych, jak mokrych (regularne opady deszczu o przeciętnym natężeniu), jednak również w przypadku wystąpienia deszczu 10-letniego, a nawet powodzi 100-letniej. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu licznych rozwiązań opartych na przyrodzie, takich jak nawierzchnie przepuszczalne, strefa z ławkami, która może zostać pokryta wodą, gdy przekroczona zostanie pojemność retencyjna gleby, ogrody deszczowe w pojemnikach, które nie wymagają wielu zabiegów

pielęgnacyjnych i oczyszczają wodę spływającą do podziemnego kanału wypełnionego żwirem, czy część powierzchni placu, która w razie potrzeby zapewnia dodatkową pojemność retencyjną (FULL,

2019). Do budowy placu zostały wykorzystane wysokiej jakości materiały, pochodzące z odzysku z terenu kolejowego, który wcześniej znajdował się w tym miejscu (FULL, 2019).

Podstawowe informacje

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	✓
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	✓
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Niedobór wody	
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	✓
Wysokie zużycie energii	

Czas realizacji

Planowanie i projekt: 2009–2010; realizacja: 2011 r.

Źródła finansowania

Środki z budżetu miasta i środki prywatne

Zastosowane NBS

Przepuszczalne obszary nasadzeń, nawierzchnie przepuszczalne, skrzynki retencyjno-rozsączające, studnie chłonne, infiltracja, retencja wody na powierzchni ziemi w ekstremalnych warunkach pogodowych (do 10 cm).

Koszty

750 000 EUR

Geneza i rezultaty projektu

System kanalizacji we Fryburgu miał zbyt małą przepustowość, aby sprostać obfitym opadom deszczu. Powtarzające się przeciążenia kanalizacji

burzowej zmotywowały władze miasta do poszukiwania nowych rozwiązań (FULL, 2019).

Wyzwania	Rozwiązania
Zanieczyszczenie powietrza	Zakładanie terenów zieleni w celu zmniejszenia stężenia zanieczyszczeń w powietrzu Tworzenie zielonych przestrzeni zachęcających do korzystania ze zrównoważonych środków transportu, które nie zanieczyszczają powietrza, np. rower zamiast samochodu
Efekt miejskiej wyspy ciepła	Tereny zieleni zapewniają chłodzenie dzięki zacienieniu oraz transpiracji drzew i roślin Nawierzchnie przepuszczalne z udziałem roślin płożących (np. macierzanka piaskowa) – ażurowa struktura zwiększająca intensywność procesów parowania i chłodzenia (FULL, 2019)
Nadmierny spływ powierzchniowy	Roślinność i powierzchnie przepuszczalne pozwalają na powolne wsiąkanie wody deszczowej do gruntu
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	Zielona infrastruktura w przestrzeni publicznej sprzyja aktywności społecznej i stanowi ostoję dla miejskiej przyrody
Poprawa jakości środowiska miejskiego	Projekt wykorzystujący odzyskane elementy kolejowe wpisuje się w historię miejsca, gdzie dawniej znajdowała się stacja i bocznicą kolejowa. Wiśnie ozdobne, byliny i trawy zapewniają cień i atrakcyjne miejsce do wypoczynku i interakcji społecznych (FULL, 2019) Utworzenie nowego placu przed zabytkowym budynkiem dawnego urzędu celnego nadaje temu miejscu charakter wielofunkcyjny

Szczegóły techniczne

Na rysunku 39 przedstawiono przegląd rozwiązań opartych na przyrodzie, które zostały zastosowane w przypadku Zollhallen Plaza, m.in. przepuszczalne nawierzchnie, czy wyznaczona strefa zalewowa. Pozwalają one placowi zalewowemu poradzić sobie z 10-letnim deszczem, a nawet ze 100-letnią powodzią. W przypadku występowania opadu atmosferycznego zastosowane rozwiązania

są w stanie przechwycić wodę deszczową i powoli odprowadzać ją do gruntu za pomocą systemu infiltracji, zasilając tym samym zasoby wód podziemnych. W przypadku zagrożenia powodziowego plac zalewowy zostanie wypełniony wodą, chroniąc tym samym inne obszary miasta przed zalaniem.

opad 10-letni



opad 100-letni

brak podłączenia do kanalizacji



Przeszkody i czynniki sukcesu

Miasto z entuzjazmem poparło ten kompleksowy projekt. Trudnym aspektem technicznym było znalezienie sposobu oczyszczania wody przed wpuszczeniem jej do podziemnego systemu retencyjno-rozsączającego. Zazwyczaj zanim woda spłynie do gruntu, powinna zostać przefiltrowana przez 30-centymetrową warstwę podłoża. W tym przypadku dobrym rozwiązaniem okazał się techniczny system filtracji, który jest opłacalny i łatwy w utrzymaniu.

Rysunek 39. Wizualizacje placu w warunkach deszczu 10-letniego (na górze) i powodzi 100-letniej (na dole) (Landezine, 2019)

Kontakt

Ramboll Studio Dreiseitl GmbH
ueberlingen@ramboll.com

Literatura

FULL, 2019. Zollhallen Plaza: a Climate Adaption Tool. The Future Urban Legacy Lab, Torino.
<http://urbanlegacylab.net/zollhallen-plaza>

Landezine, 2019. Zollhallen Plaza. Ramboll Studio Dreiseitl. Landezine, Landscape Architecture Platform.
<http://www.landezine.com/index.php/2015/04/flood-zone-on-public-plaza-design-atelier-dreiseitl-landscape-architecture>



© LHS Stuttgart (Amt 61), M. Störck

Rysunek 40. Sieć korytarzy przewietrzających miasto Stuttgart widziane z lotu ptaka

2.8. Sieć zielonych korytarzy przewietrzających w Stuttgarcie

Zielone korytarze to parki linearne, które pomagają przywrócić naturalne procesy przyrodnicze w miastach, łącząc ze sobą tereny zieleni i tworząc miejskie sieci zielonej infrastruktury. Często tworzy się je w ramach rewitalizacji nieczynnej infrastruktury komunikacyjnej, np. linii kolejowych, lub wzdłuż cieków wodnych. Zielone korytarze są szczególnie korzystne dla różnorodności biologicznej w miastach, regulują temperaturę i poprawiają jakość powietrza, zapewniając przepływ jego zimnych mas.

Władze Stuttgartu wdrożyły tę koncepcję na dużą skalę, obejmującą całe miasto (rysunek 40). W związku z lokalizacją w dolinie, gdzie wiatry nie

osiągają dużej prędkości, miasto jest szczególnie narażone na efekt miejskiej wyspy ciepła i złą jakość powietrza. Aby temu sprostąć, stworzono sieć miejskich ciągów zieleni, które pełnią funkcję korytarzy wentylacyjnych wpuszczających do miasta masy powietrza z okolicznych wzgórz. Wiązało się to z podziałem miasta na strefy i wprowadzeniem przepisów ograniczających możliwości zabudowy wzdłuż zielonych korytarzy. Dodatkowe korzyści wynikające z tej strategii obejmują lepszą łączność między obszarami wiejskimi a centrum miasta, ochronę różnorodności biologicznej i poprawę jakości życia mieszkańców dzięki wprowadzeniu otwartej, zielonej przestrzeni w silnie zabudowany krajobraz miejski.

Podstawowe informacje

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	✓
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Niedobór wody	
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	
Wysokie zużycie energii	

Czas realizacji

Lata 1998–2014

Koszty

250 000 EUR

Zastosowane NBS

Korytarze wentylacyjne, rozległe parki i zielone korytarze, niska i wysoka zielen przyuliczna, zielen osiedlowa (przy i na budynkach)

Źródła finansowania

Środki unijne: 30%; środki krajowe: 10%; środki miejskie: 60%

Geneza i rezultaty projektu

Do potrzeby stworzenia sieci korytarzy wentylacyjnych w Stuttgarcie przyczyniły się takie czynniki jak topografia miasta, jego położenie w łagodnym klimacie doliny, niskie prędkości wiatru, obecność przemysłu motoryzacyjnego i duże natężenie ruchu ulicznego. Co więcej, niektóre dzielnice miasta charakteryzują się bardzo dużą

gęstością zaludnienia. W związku z tym znaczna część powierzchni to powierzchnie uszczelnione. Aby dobrze zaprojektować sieć korytarzy, opracowano *Atlas klimatyczny dla regionu Stuttgartu* (Adapticty, 2015), który uwzględnia m.in. rozkład temperatur i przepływ mas zimnego powietrza (Stuttgart, 2010).

Wyzwania	Rozwiązania
Zanieczyszczenie powietrza	Zielone korytarze umożliwiają przepływ powietrza, wykorzystując prędkości i kierunki najczęściej występujących wiatrów, ograniczają tym samym zanieczyszczenie związane z zastojem powietrza Zakładanie terenów zieleni w celu zmniejszenia stężenia zanieczyszczeń w powietrzu Tworzenie zielonych przestrzeni zachęcających do korzystania ze zrównoważonych środków transportu, które nie zanieczyszczają powietrza, np. rower zamiast samochodu
Efekt miejskiej wyspy ciepła	Zielone korytarze umożliwiają napływ chłodnego powietrza ze wzgórz, co wpływa na obniżenie temperatury w mieście Tereny zieleni zapewniają chłodzenie dzięki zacienieniu oraz transpiracji drzew i roślin
Nadmierny spływ powierzchniowy	Roślinność i powierzchnie przepuszczalne pozwalają na powolne wsiąkanie wody deszczowej w grunt
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej [rekreacyjnej]	Zielona infrastruktura w przestrzeni publicznej sprzyja aktywności społecznej i stanowi ostoję dla miejskiej przyrody

Szczegóły techniczne

W przypadku Stuttgartu elementy topograficzne miasta, takie jak doliny potoków i łąk, wyznaczają naturalny przebieg zielonych korytarzy wentylacyjnych. W oparciu o miejskie mapy klimatyczne zawarte w *Planie regionalnym Stuttgartu* z 1998 r. wytyczono cztery korytarze wentylacyjne: dolina

Nesenbachtal, dolina Feuerbachtal, dolina Lindensbachtal i zespół dolin Rohrakker, które podzielono na strefy i wyznaczono obszary wolne od zabudowy (Stuttgart, 2010). Doliny te wytypowano ze względu na możliwość przepływu mas chłodniejszego powietrza przez niezabudowane tereny zieleni zachowane



© LHS Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abteilung Stadtklima

Rysunek 41. Korytarz przewietrzający Stuttgarter Engineering Park, obszar Unterer Grund

na zboczach wzgórz, a także niską gęstość istniejącej zabudowy. Uwzględniono także możliwość połączenia obszarów wiejskich z centrum miasta. Na terenie miasta korytarze powietrzne połączono z istniejącymi parkami, aby tam, gdzie to możliwe, doprowadzić je do poszczególnych dzielnic (rysunek 4.1). Preferowana szerokość zielonych korytarzy to co najmniej 100 m (Naturvation, 2017).

Funkcjonujący obecnie *Atlas klimatyczny dla regionu Stuttgartu* dostarcza podstawowych informacji na

temat prędkości i kierunku najczęściej występujących wiatrów, nasłonecznienia, rozkładu temperatur oraz poziomu opadów w regionie Stuttgartu (VRS, 2019). W oparciu o te informacje można określić, skąd napływa zimne powietrze i jak następuje jego wymiana. Tak zwane mapy klimatyczne zawierają informacje na temat zanieczyszczenia powietrza w różnych obszarach regionu. Atlas klimatyczny zawiera również wytyczne do ograniczenia zabudowy ze względu na konieczność ochrony miejsc powstawania zimnych mas powietrza, ich przepływu itp.

Przeszkody i czynniki sukcesu

Stuttgart jest bogatym miastem przemysłowym, o wysokich cenach nieruchomości. Wprowadzenie zakazu zabudowy oraz inne strategie zagospodarowania przestrzennego wspierające system przewietrzania i wentylacji miasta wymagały od lokalnych władz negocjacji z wieloma stronami, reprezentującymi różne interesy, niekiedy sprzeczne z priorytetami miasta. Korzyści związane z napływem świeżego powietrza i łagodzeniem efektu miejskiej wyspy ciepła należało zestawić z utratą potencjalnych dochodów z podatków od nieruchomości, a także ze społecznym wymiarem wysokich kosztów mieszkań. Dlatego głównym wyzwaniem była dyskusja o tym, czy nie należy nadać większej

wagi innym kwestiom (np. interesom gospodarczym, potrzebom mieszkaniowym itp.).

Podstawowym czynnikiem sukcesu w realizacji projektu było włączenie kwestii klimatycznych w procesy planistyczne w mieście. Obecnie, zgodnie z przyjętą strategią, miasto analizuje indywidualnie każdy projekt inwestycji i dostosowuje go pod kątem przepływu zimnych mas powietrza przez korytarze wentylacyjne. Co więcej, mechanizm i znaczenie cyrkulacji mas zimnego powietrza są dokładnie opisane w atlasie klimatycznym, co zapewnia transparentność podejmowanych działań.

Kontakt

Urząd Miasta Stuttgart
Urząd Ochrony Środowiska, Wydział Klimatologii Miejskiej (Stadtklimatologie)
Rainer Kapp
Rainer.Kapp@stuttgart.de

Literatura

- Adaptcity, 2015. *Atlas klimatyczny dla regionu Stuttgartu w Niemczech*. Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa.
<http://adaptcity.pl/atlas-klimatyczny-dla-regionu-stuttgartu-w-niemczech/>
- Naturvation, 2017. *Green Ventilation Corridors*. Urban Nature Atlas, Naturvation: cities – nature – innovation.
<https://naturvation.eu/nbs/stuttgart/green-ventilation-corridors>
- Stuttgart, 2010. *Climate change – challenge facing urban climatology*. State Capital Stuttgart, Office of Urban Planning and the Environment.
<https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/stuttgart-combating-the-heat-island-effect-and-poor-air-quality-with-green-ventilation-corridors/afu-heft-3-2010-web.pdf>
- VRS, 2019. *KlimaAtlas für die Region Stuttgart*. Verband Region Stuttgart.
<https://www.region-stuttgart.org/klimaAtlas>



fot. Atelier Groenblauw Dreiseitl / Ramboll Studio Dreiseitl

Rysunek 42. Potsdamer Platz, Berlin, Niemcy

2.9. System zrównoważonego gospodarowania wodą deszczową, Potsdamer Platz w Berlinie

Zrównoważony system zagospodarowania wody deszczowej to połączenie elementów zielonej i szarej infrastruktury, wspierające tereny miejskie w radzeniu sobie z obfitymi opadami deszczu. W szczególności pomaga on zagospodarować spływ powierzchniowy w sposób, który pozwala utrzymać dobrą jakość wody, oraz wspomaga infiltrację wody do gleby, a tym samym zasilanie wód podziemnych. Oprócz elementów szarej infrastruktury systemy takie obejmują także rozwiązania oparte na przyrodzie, w tym rowy bioretencyjne, niecki i zbiorniki retencyjne, nawierzchnie przepuszczalne, rowy infiltracyjne. Kombinacje tych elementów dopasowane do danej lokalizacji pomagają zmniejszyć objętość i szybkość spływu powierzchniowego, stępienie zanieczyszczeń i obciążenie systemu kanalizacji miejskiej. Równocześnie,

dzięki błękitnym i zielonym elementom, rozwiązania te wzbogacają estetykę obszarów miejskich.

Przykładem tego typu systemu jest Potsdamer Platz w Berlinie (rysunek 42), gdzie na obszarze ok. 1,2 ha zbudowano układ stawów i sztucznych mokradeł, które współpracują z innymi elementami zielonej i szarej infrastruktury. Obszary wodne zajmują 12 000 m² powierzchni, z czego 1 800 m² to obszary siedliskowe (Groenblauw, 2019). Elementy błękitnej infrastruktury są zasilane wyłącznie wodą deszczową. Obniżają one temperaturę otoczenia w lecie, wiążą cząstki kurzu i nawilżają powietrze. Woda deszczowa zbierana jest z dachów, oczyszczana przez naturalne siedliska i substrat filtrujący, a następnie przechowywana w podziemnych zbiornikach. Wykorzystywana jest do spłukiwania

toalet, zasilania systemów przeciwpożarowych i podlewania roślinności (Ramboll, 2019). W skład systemu wchodzi także około 12 000 m² zielonych dachów, które są regularnie monitorowane w celu kontroli jakości wody (Dreiseitl, 2017). Oprócz

odprowadzania i uzdatniania wody deszczowej przestrzeń zachęca również do interakcji społecznych i pozwala czerpać przyjemność z kontaktu z przyrodą w silnie zurbanizowanym środowisku.

Podstawowe informacje

Usługi ekosystemów kluczowe dla miitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	✓
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	✓
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Niedobór wody	✓
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	
Wysokie zużycie energii	

Czas realizacji

Planowanie: 1994–1998; budowa: 1997–1998
(Groenblauw, 2019)

Źródła finansowania

Środki prywatne: 100%

Zastosowane NBS

Sztuczne mokradła miejskie, stawy bioretencyjne, poziome systemy filtrujące na bazie halofitów (słonorośli), miejskie kanały wodne, podziemne zbiorniki, zielone dachy (Groenblauw, 2019)

Koszty

Ok. 8,5 mln EUR

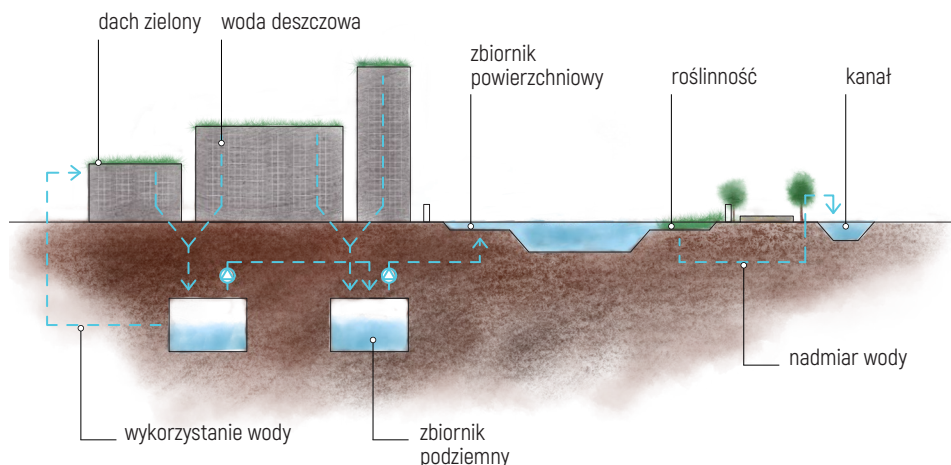
Geneza i rezultaty projektu

Wyzwania	Rozwiązania
Zanieczyszczenie powietrza	Zakładanie zielonych dachów i terenów zieleni w celu zmniejszenia stężenia zanieczyszczeń w powietrzu Tworzenie zielonych przestrzeni zachęcających do korzystania ze zrównoważonych środków transportu, które nie zanieczyszczają powietrza, np. rower zamiast samochodu
Efekt miejskiej wyspy ciepła	Zielone dachy i przestrzenie zapewniające chłodzenie dzięki parowaniu i zacienieniu przez drzewa i roślinność Stawy retencyjne zapewniające chłodzenie ewaporacyjne i poprawiające mikroklimat
Niedobór wody	Wychwytywanie wody deszczowej z okolicznych dachów budynków i magazynowanie jej w dużych podziemnych cysternach. Wykorzystanie deszczówki do napełniania stawów, spłukiwania toalet w biurach i podlewania terenów zieleni (Groenblauw, 2019) – w rezultacie ograniczenie zużycia wody pitnej w tych budynkach (Ramboll, 2019)
Nadmierny spływ powierzchniowy	Podziemny system magazynowania wody oraz pojemność buforowa zbiorników retencyjnych zmniejszają odpływ wody deszczowej
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	Publiczne zielone i błękitne przestrzenie umożliwiają interakcje społeczne i zapewniają siedliska dla roślin i zwierząt

Szczegóły techniczne

Elementy zielonej, błękitnej i szarej infrastruktury zainstalowane na Potsdamer Platz przedstawiono na rysunku 43. Główny zbiornik wodny zajmuje powierzchnię 1,2 ha, a poziom wody w tym zbiorniku może bezpiecznie przekroczyć zaplanowaną wysokość nawet o 15 cm (bufor 1950 m³). Kanał o długości 1,7 km ma zarówno twarde nabrzeże, jak i miękkie zielone brzegi. Jest on przeznaczony do odprowadzania dużych ilości wody deszczowej do najbliższego większego kanału średnio trzy razy na dziesięć lat, co daje podobne tempo odpływu jak w przypadku powierzchni nieutwardzonej (Ramboll, 2019). Jest to możliwe dzięki pięciu podziemnym zbiornikom o całkowitej pojemności

2 600 m³, z czego 900 m³ zarezerwowano na wypadek ekstremalnych opadów deszczu (Groenblauw, 2019). Jakość wody jest utrzymywana na wysokim poziomie dzięki sedymentacji w zbiornikach, instalacjom infiltracyjnym w basenie południowym oraz fitoremediacji (Groenblauw, 2019). Wielowarstwowe struktury pomagają napowietrzać wodę, a instalowane latem dodatkowe filtry pozwalają uniknąć wzrostu glonów.



Rysunek 43. Schemat funkcjonalny systemu zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi na Potsdamer Platz w Berlinie, którego centralnym elementem jest zbiornik retencyjny (na podst. Dreiseitl i Grau, 2012)

Przeszkody i czynniki sukcesu

Dużym wyzwaniem było przekonanie inwestora do zastosowania systemu oczyszczania wody opartego na naturalnych procesach. Tego rodzaju systemy nie były wcześniej stosowane na tak dużą skalę w przestrzeni miejskiej o dużym zagęszczeniu zabudowy. Dopiero po długiej dyskusji oraz przedstawieniu przekonujących argumentów i opinii

ekspertów ostatecznie udało się przekonać klienta. Mimo, że projekt powstał na gruntach publicznych, jego realizacja była możliwa wyłącznie dzięki finansowaniu ze źródeł prywatnych. Po 15 latach miasto przejęło odpowiedzialność za utrzymanie miejskich zbiorników wodnych.

Kontakt

Ramboll Studio Dreiseitl GmbH
ueberlingen@ramboll.com

Literatura

Groenblauw, 2019. *Potsdamer Platz, Berlin, Germany*. Atelier Groenblauw
<https://www.urbangreenbluegrids.com/projects/potsdamer-platz-berlin-germany>

Ramboll, 2019. *Potsdamer Plaza*. Ramboll Group
<https://de.ramboll.com/projects/germany/potsdamer-plaza>

Dreiseitl, H., 2017. *Berlin's Potsdamer Platz 18 Years Later: a Special Tour of Integrated Design Excellence*. Living Architecture Monitor 19(4), 16–21.
https://www.nxtbook.com/dawson/greenroofs/lam_2017winter/index.php#/o

Dreiseitl, H., Grau, D. (red.), 2012. *New waterscapes: Planning, building and designing with water*. Birkhauser Verlag, Basel.



© Maria Maic



© Maria Vitzthum

Rysunek 44. Przykładowe obszary projektu Lebendige Luppe: sztuczne stawy Papitzer Lehmlichen, dawne tereny wydobywania gliny ze złóż aluwialnych, dziś cenne siedliska dla płazów (po lewej); obecnie starorzeczka rzeki Luppe wypełniają się wodą tylko podczas ekstremalnych powodzi (po prawej)

2.10. Renaturyzacja rzeki Luppe w Lipsku

Renaturyzacja rzek i terenów zalewowych polega na przywróceniu naturalnych procesów i cech doliny rzecznej, która została wcześniej sztucznie przekształcona. Proces koncentruje się w szczególności na odtworzeniu funkcji ekosystemu w celu zapewnienia szerokiego zakresu powiązanych usług ekosystemów, takich jak regulacja klimatu, oczyszczanie powietrza, pochłanianie dwutlenku węgla, zapobieganie powodzi, zatrzymywanie składników odżywczych w glebie, wspieranie różnorodności biologicznej, a także usług o charakterze kulturowym, takich jak rekreacja oparta na przyrodzie. Działania zmierzające do osiągnięcia tego celu obejmują zazwyczaj m.in. ponowne połączenie zakoli i starorzeczy z korytem głównym, przywrócenie naturalnego biegu rzeki oraz naturalnej dynamiki obszarów zalewowych, jak również zwiększenie pojemności wodnej i zmianę sposobu użytkowania gruntów.

W Lipsku i sąsiednim mieście Schkeuditz w 2012 r. rozpoczęto duży projekt „Lebendige Luppe” (Pełna życia rzeka Luppe), mający na celu poprawę stanu środowiska na obszarze zalewowym Elster-Luppe przez renaturyzację koryta rzeki i jej otoczenia, w tym odtworzenie warunków hydrologicznych typowych dla lasu łęgowego (rysunek 44). Inne korzyści płynące z realizacji projektu to poprawa bilansu wodnego obszaru zalewowego, promowanie różnorodności biologicznej oraz wzrost jakości życia okolicznych mieszkańców dzięki zapewnieniu miejsca do wypoczynku na łonie przyrody (Scholz i in., 2016). Żeby osiągnąć założone cele, podjęto szereg działań na obszarze Elster-Luppe-Aue. W północnej części obszaru prowadzone są liczne prace konserwacyjne, m.in. remont urządzeń doprowadzających i spiętrzających wodę w celu ochrony cennych siedlisk płazów. Na południowym

odcinku Luppe o długości 12–16 km odtworzony zostanie naturalny bieg rzeki poprzez ponowne połączenie jej dawnych odnóg, a dopuszczenie zalewania terenu podczas naturalnych powodzi poprawi warunki hydrologiczne na obecnie pozbawionej dopływu wody terasie zalewowej.

Działania te poprawią funkcjonowanie naturalnych terenów zalewowych, wspierając równocześnie retencję składników odżywczych (mineralnych), produkcję tlenu i zatrzymywanie dwutlenku węgla

w glebie. W ramach projektu realizowanych jest również wiele działań z zakresu public relations oraz edukacji ekologicznej. Ich celem jest informowanie ludzi o znaczeniu terenów zalewowych podczas wycieczek z przewodnikiem i za pomocą rozmaitych materiałów edukacyjnych (Scholz i in, 2018). Tym, co wyróżnia projekt „Pełna życia rzeka Luppe”, jest duże znaczenie badań przyrodniczych i społecznych oraz długoterminowy nadzór naukowy, który towarzyszy renaturyzacji rzeki i równiny zalewowej.

Podstawowe informacje

Usługi ekosystemów kluczowe dla mitygacji i adaptacji do zmian klimatu

Chłodzenie i izolacja	✓
Pochłanianie CO ₂	✓
Produkcja energii odnawialnej	
Wykorzystanie materiałów niskoemisyjnych	
Promowanie rozwiązań zrównoważonych	✓

Rozwiązywane problemy miejskie

Zanieczyszczenie powietrza	✓
Efekt miejskiej wyspy ciepła	✓
Niedobór wody	✓
Nadmierny spływ powierzchniowy	✓
Zagrożenie podtopieniami	✓
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	✓
Poprawa jakości środowiska miejskiego	
Wysokie zużycie energii	

Czas realizacji

Analiza wykonalności: 2006–2009; planowanie: od 2012 (w toku); budowa: do 2023 r. (Lipsk i Schkeuditz), 2015/2016 (NABU)

Zastosowane NBS

Naturalne rozwiązania wspomagające renaturyzację rzeki

Koszty

Koszty są w obecnej chwili trudne do określenia, gdyż projekt jest na etapie planowania

Źródła finansowania

Środki krajowe: Federalny Urząd Ochrony Środowiska (BfN) ze środków Federalnego Ministerstwa Środowiska, Ochrony Przyrody i Bezpieczeństwa Jądrowego (BMU); środki regionalne: Fundusz Ochrony Środowiska Sakskiej Fundacji Przyrody i Środowiska (LaNU); środki miejskie: miasto Lipsk i miasto Schkeuditz; środki prywatne: NABU Landesverband Sachsen e.V. (Stowarzyszenie na Rzecz Ochrony Przyrody i Różnorodności Biologicznej Saksonii)

Geneza i rezultaty projektu

Prowadzona od ponad stulecia działalność człowieka znacząco wpłynęła na tereny zalewowe Elster-Luppe. Istotne znaczenie miały takie przedsięwzięcia jak budowa kanału Neue Luppe, o szczególnie destrukcyjnym wpływie na środowisko, budowa wałów przeciwpowodziowych, wydobywanie gliny ze złóż aluwialnych i osuszanie mokradeł (Scholz i in, 2018). Budowa zapory na rzece Nahle w latach 1930–1950 uniemożliwiła naturalne zalewanie tych terenów, z wyjątkiem ekstremalnych powodzi w 2011 r. i w 2013 r. oraz naturalnego podsiąkania. Tak długi okres bez bezpośredniego zalewania obszaru Elster-Luppe,

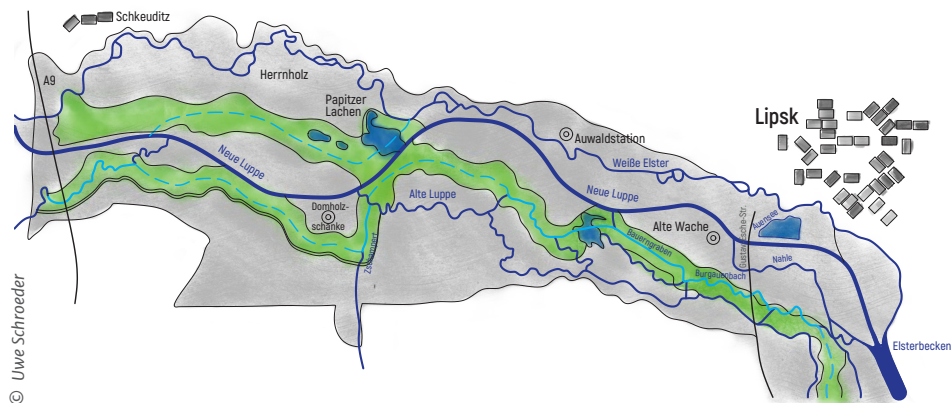
w połączeniu ze znacznym obniżeniem lustra wód podziemnych, wpłynął niekorzystnie na usługi ekosystemów, w tym m.in. na wspieranie lokalnej różnorodności biologicznej. Ale nawet dzisiaj rozlewiska Elster-Luppe to tereny cenne przyrodniczo, zabezpieczone dyrektywą siedliskową Unii Europejskiej jako specjalny obszar ochrony siedlisk Leipziger Auensystem. Znajdują się tam jeden z największych lasów łęgowych w Niemczech oraz siedliska wielu zagrożonych gatunków. Aby zachować ten wyjątkowy krajobraz, niezbędna jest renaturyzacja (Scholz i in, 2016).

Wyzwania	Rozwiązania
Zanieczyszczenie powietrza	Ochrona i pielęgnacja lasów łęgowych w celu dalszego ograniczania zanieczyszczeń powietrza
Efekt miejskiej wyspy ciepła	Tereny zieleni zapewniające chłodzenie dzięki transpiracji i zacienieniu przez drzewa i roślinność Elementy wodne zapewniające chłodzenie związane z parowaniem wody i wpływające korzystnie na mikroklimat
Niedobór wody	Łączenie zbiorników wodnych (starorzeczy, dawnych odnóg rzeki) oraz zalewanie obszaru, przez który płynie rzeka Luppe, powinny skutecznie wpłynąć na podniesienie poziomu wód gruntowych
Nadmierny spływ powierzchniowy	Roślinność i powierzchnie przepuszczalne, które pozwalają na powolne wsiąkanie wody deszczowej w grunt
Odporność na podtopienia	Dzięki rozlewiskom zwiększy się naturalna retencja wody
Zachowanie ciągłości ekologicznej i funkcjonalnej (rekreacyjnej)	Publiczne zielone i błękitne przestrzenie umożliwiające interakcje społeczne i zapewniające siedliska dla roślin i zwierząt Zielona infrastruktura wzmacniająca naturalne sieci siedlisk oraz wspierająca różnorodność biologiczną (przeciwdziałająca fragmentacji)

Szczegóły techniczne

Realizacja projektu toczy się dwutorowo. Jedną częścią prac zarządza miasto Lipsk (w ścisłej współpracy z miastem Schkeuditz), drugą – saksoński oddział organizacji pozarządowej NABU (Stowarzyszenie na rzecz Ochrony Przyrody i Różnorodności Biologicznej) (Scholz i in, 2019). Działania w ramach pierwszej części obejmują renaturyzację

i odtworzenie dawnego biegu rzeki przez tereny zalewowe (o długości ok. 16 km), co polega na ponownym połączeniu istniejących fragmentów koryta (rysunek 45). Połączenie tych fragmentów koryta ze wciąż istniejącym dzikim korytem rzeki na terenie Saksonii-Anhalt znacząco poprawi ciągłość korytarza ekologicznego w górnym biegu

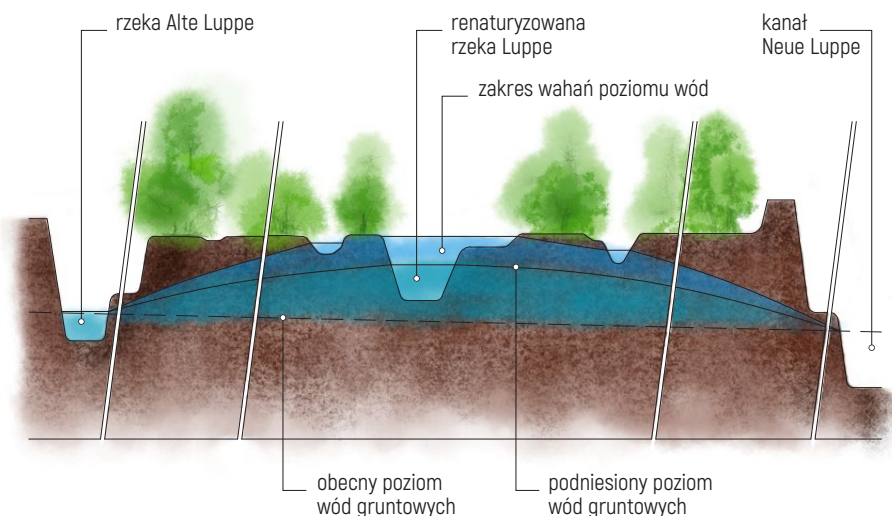


Rysunek 45. Schematyczny plan obszaru realizacji projektu. Na zielono oznaczono teren, na którym stare odcinki koryta rzeki zostaną połączone i zrenaturyzowane; niebieska linia przerywana pokazuje potencjalny nowy bieg rzeki (na podst. LL, 2015)

rzeki, aż do rzeki Saale i zachowa ciągłość przyrodniczą. Dodatkowo projekt ma na celu poprawę ochrony przeciwpowodziowej dzięki zwiększeniu pojemności retencyjnej obszarów zalewowych, co właśnie zapewni odtworzony bieg rzeki. Zgodnie z założeniami, renaturyzacja poszczególnych odcinków rzeki Luppe pomoże przeciwdziałać obecnej sytuacji niedoboru wody na obszarze zalewowym i przywróci różnorodność charakterystycznych

gatunków i siedlisk oraz powiązanych z nimi usług ekosystemów (Scholz et. al, 2016, 2019). Projekt ten jest obecnie na etapie planowania, a pierwsze prace budowlane na krótszym odcinku rzeki rozpoczną się w 2021 r.

Równolegle NABU przeprowadziła szereg działań w północno-zachodniej części równiny zalewowej. Działania te ukończono w 2016 r. Obejmowały one



Rysunek 46. „Pełna życia rzeka Luppe” – schemat renaturyzacji w celu podniesienia poziomu wód podziemnych (na podst. Becker i in. 2009)

naprawę istniejącego koryta rzeki, a także umożliwienie zasilania wodą z niej stawów, które powstały po wydobywaniu gliny ze złóż aluwialnych. Dziś stawy te są jednymi z najważniejszych siedlisk zagrożonych gatunków płazów. Ze względu na obniżenie lustra wód podziemnych i brak zalewania podczas okresu rozrodu płazów, konieczne stało się sztuczne zaopatrzenie stawów w wodę w celu utrzymania właściwych warunków hydrologicznych (Vlaic, 2017). Wiązało się to z przebudową dopływu

wody, aby umożliwić jej przepływ do stawów i storzeczy podczas okresu rozrodczego, trwającego od marca do lipca. W ten sposób zapewniono okresowe zaopatrzenie stawów w wodę, co pozytywnie wpłynęło na odporność ekosystemu. Poziom wód podziemnych podniósł się, podjęte środki przeciwdziałają bowiem osuszaniu terenu przez kanał Neue Luppe (rysunek 46), a równocześnie ustabilizowała się populacja płazów (Vlaic, 2017).

Przeszkody i czynniki sukcesu

Konstruktywne wsparcie dla projektu renaturyzacji terenów zalewowych ze strony ekspertów, naukowców i lokalnych organizacji pozarządowych zajmujących się ochroną przyrody pozwoliło rozszerzyć zakres i cele przedsięwzięcia. Do sukcesu projektu przyczyniło się też szerokie upowszechnienie informacji na temat przyszłego rozwoju tego wyjątkowego obszaru w kontekście jego sąsiedztwa z miastem.

Kompleksowa renaturyzacja (odtworzenie) terenów zalewowych pod Lipskiem wciąż wiąże się

z wieloma wyzwaniami na etapie planowania – wymaga bowiem uwzględnienia interesów różnych grup właścicieli i użytkowników zasobów wodnych. Koryto rzeki i sieć terenów zalewowych, zwłaszcza w granicach miasta Lipsk, zostały w przeszłości mocno zmodyfikowane w związku z budową technicznej infrastruktury przeciwpowodziowej. Ponadto, dopływ wody do istniejących lub nowych odnóg rzek, zwłaszcza w warunkach niskiego lub średniego stanu wody, musi uwzględniać potrzeby małych elektrowni wodnych zlokalizowanych



© Arne Weiß und Jan Bäss

Rysunek 47. Silnie zmodyfikowane sieci rzeczne w lesie łęgowym w Lipsku – zdjęcie lotnicze lasu łęgowego i połączenia kanału Neue Luppe z rzeką Nahle (miasto Lipsk w tle)

wzdłuż rzeki Weiße Elster, konieczność rozcięcia odpływu z oczyszczalni ścieków i nienaruszalności przepływu cieków oraz wymagania miejskiego systemu kanalizacji sanitarnej.

Należy mieć na uwadze, że projekt „Pełna życia rzeka Luppe” nie wystarczy, aby odbudować w pełni dynamikę funkcjonowania rozlewisk i przywrócić rzece naturalny charakter (rysunek 47). Tak rozbudowane procesy są zależne od częstych i obfitych powodzi, naturalnych podtopień i nieuregulowanego przepływu odpowiedniej ilości wody

przez tereny zalewowe. Warunki niezbędne dla zapewnienia ochrony przeciwpowodziowej i wynikające z potrzeb gospodarki ściekowej mają jednak nadrzędne znaczenie dla regulacji przepływu na terenie miasta i w jego najbliższym sąsiedztwie, na co twórcy projektu nie mają jeszcze wpływu (Scholz i in, 2016; 2019). Powyższym kwestiom należy poświęcić więcej uwagi, przystępując do re-alizacji projektów renaturyzacji mokradeł i terenów podmokłych na obszarach zurbanizowanych. Jest to także szansa dla rozwoju urbanizacji przyjaznej dla klimatu.

Podziękowania

Autorzy niniejszego katalogu pragną podziękować dr Marii Vlaic z NABU, Mathiasowi Scholzowi z Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (Centrum Badań Środowiskowych) – UFZ, prof. dr Sylke Nissens z Uniwersytetu w Lipsku (Universität

Leipzig) oraz Torstenowi Wilke, Angeli Zabożnik z Biura Zieleni Miejskiej i Wód Urzędu Miasta Lipska (Stadt Leipzig, Amt für Stadtgrün und Gewässer) za ich obszerne wkład i informacje dostarczone w celu opracowania tego studium przypadku.

Kontakt

Biurow projektu Lebendige Luppe
www.lebendige-luppe.de
info@lebendige-luppe.de

Literatura

Becker, C., Putkunz, J., Lange, H., Lange, D., 2009. *Wiederherstellung ehemaliger Wasserläufe der Luppe Teil II – Voruntersuchung / Machbarkeitsstudie*. Stadt Leipzig.

<https://gruenerring-leipzig.de/wp-content/uploads/2017/08/bericht-alte-luppe-05-2009.pdf>

LL, 2015. *Baumaßnahmen der Stadt Leipzig*. Lebendige Luppe.

https://lebendige-luppe.de/index.php?article_id=25

Scholz, M., Riedel, J., Seele, C., Engelmann, R.A., Heinrich, J., Henle, K., Herkelrath, A., Kasperidus H.P., Kirsten, F., Löffler, F., Masurowski F., Vieweg, M., Wirth, C., T., Sahlbach, T., 2019. *Das Projekt Lebendige Luppe: ausgewählte wasserwirtschaftliche Aspekte der Leipziger Nordwestaue*. DWA Jahrbuch 2019 Gewässer-Nachbarschaften: Schulung und Erfahrungsaustausch, naturnahe Gewässerunterhaltung, präventiver Hochwasserschutz Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. [DWA] – Landesverband Sachsen/Thüringen, Dresden, 162–175.

Scholz, M., Seele, C., Engelmann, R.A., Hartmann, T., Heinrich, J., Henle, K., Herkelrath, A., Kasperidus H.P., Kirsten, F., Löffler, F., Masurowski F., Sahlbach T., Wirth, C., Riedel, J., 2018. *Das Projekt Lebendige Luppe – ein Beitrag zur Renaturierung der Leipziger Nord-West-Aue*. Auenmagazin 14, 14–21.

Scholz, M., Seele, C., Herkelrath, A., Krüger, A., Hartmann, T., Heinrich, J., Wirth, C., Kasperidus H.P., 2016. *Challenges in floodplain and river restoration in the Elbe catchment – case study “Lebendige Luppe” – Revitalization project in Leipzig’s urban floodplain forest* [w:] Book of abstracts, Magdeburger Gewässerschutzseminar, 6 October 2016, Dresden, Germany.

Vlaic, M., Sievert, r., Scholz, M., Herkelrath, A., Große, W.-R., 2017. *Die Papitzer Lehmflächen im Projekt Lebendige Luppe – Schutz eines wertvollen Amphibienlebensraumes in der Leipziger Nordwest-Aue*. Jahresschrift für Feldherpetologie und Ichthyofaunistik in Sachsen 18, 12–28.

O projekcie „Climate NBS Polska”

Mitygacja skutków zmian klimatycznych w polskich miastach za pomocą rozwiązań opartych na przyrodzie – zwiększanie świadomości i potencjału (Climate NBS Polska)

Projekt ma na celu zwiększenie poziomu akceptacji i zrozumienia dla potrzeby wdrażania wielofunkcyjnych rozwiązań opartych na przyrodzie jako efektywnych kosztowo sposobów przeciwdziałania skutkom zmian klimatu i ochrony klimatu. Służy temu współpraca, zainicjowana i rozwijana w ramach projektu, pomiędzy polskimi i niemieckimi ekspertami z zakresu planowania przestrzennego, inżynierii środowiska i polityki miejskiej. Dzięki niej projekt ukierunkowany jest na rozbudowanie zdolności, wiedzy i umiejętności decydentów oraz projektantów, co ma umożliwić wdrażanie błękitno-zielonej infrastruktury na poziomie koncepcyjnym, technicznym i realizacyjnym.

Cele projektu są realizowane poprzez:

- opracowanie dwóch publikacji: *Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu w miastach – katalog techniczny* oraz *Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu w miastach – narzędzia strategiczne*, wspierających wdrażanie rozwiązań opartych na przyrodzie w polskich miastach;
- przygotowanie rekomendacji strategicznych służących promowaniu rozwiązań opartych na przyrodzie w realiach polskiej polityki samorządowej;
- przeprowadzenie cyklu szkoleń e-learningowych oraz stacjonarnych dla odbiorców projektu w całej Polsce, a także organizację wizyty studialnej w Niemczech;
- wsparcie rozwoju polskiej sieci ekspertów z zakresu błękitno-zielonej infrastruktury oraz bliską współpracę przy tworzeniu publikacji z miastami takimi jak Gdańsk, Kielce, Kraków, Poznań, Warszawa, Wrocław.

Projekt prowadzony jest przez Ecologic Institute i Fundację Sendzimira. Stanowi część Europejskiej Inicjatywy Klimatycznej (EUKI), która jest instrumentem finansowania projektów Ministerstwa Środowiska, Ochrony Przyrody i Bezpieczeństwa Atomowego (BMU) Republiki Federalnej Niemiec. Konkurs na projekty finansowane w ramach EUKI został przeprowadzony przez Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Nadrzędnym celem EUKI jest wzmocnienie współpracy w zakresie klimatu w Unii Europejskiej (UE) w celu mitygacji skutków emisji gazów cieplarnianych, przy wsparciu Europejskiej Inicjatywy Klimatycznej niemieckiego Ministerstwa Środowiska.

Źródła fotografii

© alisonhancock – stock.adobe.com | 6

Rysunek 1. na górze: fot. Ewa Iwaszuk, Ecologic Institute; na dole: fot. Agnieszka Kowalewska, Fundacja Sendzimira | 8

Rysunek 3. po lewej: fot. Mississippi Watershed Management Organisation, Flickr <https://tinyurl.com/Biorention-basin-img> (CC BY 4.0); po prawej: fot. Fundacja Sendzimira | 12

Rysunek 5. po lewej: fot. Aaron Volkening, Flickr: <https://tinyurl.com/Bioswale-img> (CC BY 4.0); po prawej: fot. Agnieszka Kowalewska, Fundacja Sendzimira | 16

Rysunek 7. po lewej: fot. Montgomery County Planning Commission, Flickr <https://tinyurl.com/Infiltration-trench-img> (CC BY 4.0); po prawej: fot. Agnieszka Kowalewska, Fundacja Sendzimira | 20

Rysunek 9. po lewej: fot. DC Green Infrastructure, Flickr, <https://www.flickr.com/photos/dcgreeninfrastructure/5037087706/> (CC BY 4.0); po prawej: fot. Centrum Informacji i Edukacji Ekologicznej w Gdańsku | 24

Rysunek 11. fot. FPP Enviro, zieloneprzystanki.eu | 28

Rysunek 13. po lewej: fot. ACME, Flickr: <https://tinyurl.com/NBS-Green-Roof> (CC BY 4.0); po prawej: Agnieszka Kowalewska, Fundacja Sendzimira | 32

Rysunek 15. po lewej: fot. Ewa Iwaszuk, Ecological Institute; po prawej: fot. Michał Markowski, Fundacja Sendzimira | 36

Rysunek 17. po lewej: fot. DeepRoot, Flickr <https://www.flickr.com/photos/deeproot/15476838036> (CC BY-NC-ND 2.0); po prawej: fot. Agnieszka Kowalewska, Fundacja Sendzimira | 40

Rysunek 19. fot. NCAT CAES, Flickr <https://tinyurl.com/Biochar-img> (CC BY 4.0) | 44

Rysunek 21. fot. Thomas Berns | 50

Rysunek 22. fot. Thomas Berns | 52

Rysunek 23. fot. Thomas Berns | 52

Rysunek 24. fot. Poudou99, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Freiburg_2009_IMG_4158.jpg | 54

Rysunek 25. fot. Poudou99, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Freiburg_2009_IMG_4143.jpg | 57

Rysunek 28. fot. Katja Fröbe | 62

Rysunek 33. © DEGES / V-KON.media <https://www.hamburg.de/fernstrassen/gestaltung-stellingen/> | 70

Rysunek 34. © DEGES / V-KON.media, <https://www.hamburg.de/fernstrassen/gestaltung-schnelsen/> | 73

Rysunek 38. © Stefan Pranjic Photography | 80

Rysunek 41. © LHS Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abteilung Stadtklima | 86

Rysunek 42. fot. Atelier Groenblauw Dreiseitl / Ramboll Studio Dreiseitl | 88

Rysunek 44. po lewej: © Maria Vlaic, I NABU Sachsen; po prawej: © Maria Vitzthum, I NABU Sachsen | 92

Rysunek 47. © Arne Weiß und Jan Bäss; 360bit.com | 96



